1 МАЯ 1934 1 MAI

ДОКЛАДЫ
АКАДЕМИИ НАУК СССР

COMPTES RENDUS
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE L'URSS

ТОМ II — VOLUME II

№ 4

IMPERIAL MYCOLOGICAL INSTITUTE 28 MAY 1934

стр.

МАТЕМАТИКА

И. П. Натансон. О сходимости рядов по ортогональным полиномам 209

Б. Давыдов. Уравнение Фоккера-Планка в фазовом пространстве и время релаксации Максвелловского распределения 212

ФИЗИКА

Л. И. Мандельштам, академик. К вопросу о рассеянии света в неравномерно нагретой среде 219

Л. В. Мысовский и М. С. Эйгенсон. Наблюдения нейтронов от космических лучей в камере Вильсона 221

М. Савостьянова и А. Топорец. Образование зародышевых центров в кристаллах галоидо-серебряных солей 225

Р. З. Альбрант. Теоретические обоснования расчета тепловых измерительных приборов 231

MATHÉMATIQES

I. Natanson. Sur la convergence des séries de polynomes orthogonaux 212

B. Davydov. Die Fokker-Planck'sche Gleichung im Phasenraume und die Relaxationszeit der Maxwell-Verteilung 216

PHYSIK

L. Mandelstam, Mitglied der Akademie. Über die Lichtzerstreuung in einem ungleichtemperierten Medium . . 220

L. Mysovskij und M. Eigenson. Beobachtungen von Neutronen aus kosmischen Strahlen in einer Wilson'schen Kammer 223

M. Savostianova und A. Toporec. Über die Keimbildung in Silberhalogenidkristallen 228

R. Albrandt. Theoretische Begründung der Berechnung von Hitzdrahtmessgeräten 235

(См. на обороте)

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР
ЛЕНИНГРАД — LENINGRAD

(*Продолжение*)

стр.

БИОФИЗИКА

В. В. Алпатов и О. К. Настюкова. Повышение токсичности хинина, освещенного короткими ультрафиолетовыми лучами 238

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. В. Фрост и М. И. Шапиро. О природе каталитически активных точек . . 243

БИОЛОГИЯ

В. Н. Орехович и Н. В. Бромлей. Гистолизирующие свойства регенерационной бластемы 249

МИКРОБИОЛОГИЯ

Е. А. Штерн и А. С. Кривиский. Действие металлов на расстоянии на строение и развитие *Bacillus mycoides* Fl. 254

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗООЛОГИЯ

Н. В. Насонов, академик. Формообразование при вложении под кожу разрушенной регенерационной почки у аксолотля 259

ЗООЛОГИЯ

Л. С. Берг. Заметка о *Culter recurviceps* (Rich.) (*Cyprinidae*) 264

Б. К. Штегман. К филогении кедровок . 267

стр.

BIOPHYSICS

V. Alpatov and O. Nastiukova. On the Increase of Quinine Toxicity under the Influence of the Short Ultra-Violet Radiation 241

CHEMISCHE PHYSIK

A. Frost und M. Šapiro. Über die aktiven Stellen der Katalysatore 246

BIOLOGIE

V. Orechovič und N. Bromley. Die histolytischen Eigenschaften der Regenerationsblasteme 251

MICROBIOLOGIE

C. Stern et A. Krivisky. L'action des métaux à distance sur la structure et le développement de *Bacillus mycoides* Fl. 257

EXPERIMENTAL ZOOLOGY

N. Nasonov, Member of the Academy. Formation Produced in the Axolotl by the Subcutaneous Insertion of a Destroyed Regeneration Bud. . . 261

ZOOLOGIE

L. Berg. Notes on *Culter recurviceps* (Rich.) (*Cyprinidae*) 265

B. Stegmann. Zur Phylogenese der Tannenhäher 270

Доклады Академии Наук СССР 1934
Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de l'URSS

МАТЕМАТИКА

И. П. НАТАНСОН

О СХОДИМОСТИ РЯДОВ ПО ОРТОГОНАЛЬНЫМ ПОЛИНОМАМ

(Представлено академиком С. Н. Бернштейном 16 IV 1934)

В моей заметке, опубликованной в 1933 г. (1) установлена сходимость почти везде ряда по ортогональным полиномам, для любой функции, удовлетворяющей условию Липшица с показателем α большим половины. В недавно появившейся работе (2) А. Н. Колмогоров переносит этот результат на функции, удовлетворяющие условию Липшица с любым показателем, и даже на несколько более широкий класс функций.

В настоящей заметке, отчасти следуя А. Н. Колмогорову, мы устанавливаем тот же результат для функций ограниченной вариации; при этом, однако, мы требуем ограниченности* веса ортогонализации $p(x)$ — это условие не налагалось в цитированных работах.

Напомним основные определения, относящиеся к вопросу.

Пусть в промежутке $(-1, +1)$ задана положительная, измеримая и ограниченная** функция:

$$0 < p(x) < M. \qquad [1]$$

Тогда, как известно, можно построить (единственным способом) систему полиномов:

$$\omega_0(x);\ \omega_1(x);\ \omega_2(x);\cdots\ \omega_k(x);\cdots, \qquad [2]$$

где $\omega_k(x)$ есть полином степени k, обладающую свойствами:

$$\int_{-1}^{+1} p(x)\,\omega_k(x)\,\omega_l(x)\,dx = 0 \qquad (k \neq l) \qquad [3]$$

$$\int_{-1}^{+1} p(x)\,\omega_k^2(x)\,dx = 1. \qquad [4]$$

Для всякой суммируемой функции $f(x)$ возможно составить „коэффициенты Фурье“:

$$c_k = \int_{-1}^{+1} p(x) f(x)\,\omega_k(x)\,dx \qquad [5]$$

и образовать ряд:

$$\sum_{k=0}^{\infty} c_k\,\omega_k(x). \qquad [6]$$

Основной результат настоящей заметки гласит: если функция $f(x)$ ограниченной вариации на $(-1, +1)$, то ряд [6] сходится почти везде на промежутке $(-1, +1)$ и имеет своей суммой $f(x)$.

* Как видно из последующего изложения, достаточно считать, что

$$0 < p(x) < \frac{M}{\sqrt{1-x^2}}.$$

** См. предыдущее примечание.

Вторая часть этого утверждения, относящаяся к величине суммы ряда [6], при наличии сходимости этого ряда непосредственно вытекает из общих свойств рядов по ортогональным полиномам и в особом доказательстве не нуждается.

Для доказательства же сходимости нам придется предварительно отметить несколько простых вспомогательных предложений.

Лемма I. Рассмотрим полиномы Чебышева для промежутка $(-1, +1)$

$$T_k(x) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \cos(k \arccos x). \qquad [7]$$

Покажем, что какова бы ни была функция ограниченной вариации $f(x)$, всегда найдется постоянная A — такая, что при всех значениях k, будет:

$$|\tau_k| = \left| \int_{-1}^{+1} \frac{f(x)\, T_k(x)\, dx}{\sqrt{1-x^2}} \right| \leqslant \frac{A}{k}. \qquad [8]$$

Доказательство почти очевидно. Действительно можно ограничиться случаем монотонной $f(x)$. Но тогда, по теореме Бонне, будет:

$$|\tau_k| = \left| f(-1) \int_{-1}^{\xi} \frac{T_k(x)}{\sqrt{1-x^2}}\, dx + f(1) \int_{\xi}^{1} \frac{T_k(x)}{\sqrt{1-x^2}}\, dx \right|$$

и выполнение указанных квадратур завершает доказательство.

Лемма II. Если функция $f(x)$ ограниченной вариации и если

$$S_n(x) = \sum_{k=0}^{n} c_k \omega_k(x), \qquad [9]$$

то найдется постоянная B — такая, что, при всех значениях n, будет:

$$\int_{-1}^{+1} p(x) [f(x) - S_n(x)]^2\, dx < \frac{B}{n}. \qquad [10]$$

В самом деле, по известным экстремальным свойствам систем ортогональных полиномов, будем иметь:

$$\int_{-1}^{+1} p(x) [f(x) - S_n(x)]^2\, dx \leqslant \int_{-1}^{+1} p(x) [f(x) - S_n^*(x)]^2\, dx, \qquad [11]$$

где положено:

$$S_n^*(x) = \sum_{k=0}^{n} \tau_k T_k(x). \qquad [12]$$

Но непосредственно очевидна следующая цепь неравенств:

$$\int_{-1}^{+1} p(x) [f(x) - S_n^*(x)]^2\, dx \leqslant M \int_{-1}^{+1} [f(x) - S_n^*(x)]^2\, dx \leqslant$$

$$\leqslant M \int_{-1}^{+1} \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} [f(x) - S_n^*(x)]^2\, dx. \qquad [13]$$

Как известно полиномы [7] образуют ортогональную нормированную систему с весом $\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$. Поэтому,

$$\int_{-1}^{+1} \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} [f(x) - S_n^*(x)]^2 \, dx = \sum_{k=n+1}^{\infty} \tau_k^2. \qquad [14]$$

Из сопоставления неравенств [11], [13], [14] и [8] вытекает справедливость леммы.

Лемма III. Если функция $f(x)$ ограниченной вариации, то ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} c_n^2 \lg^2 n \qquad [15]$$

сходится. Действительно, если положить

$$R_n = \sum_{k=n+1}^{\infty} c_k^2, \qquad [16]$$

то очевидно: $$R_n = \int_{-1}^{+1} p(x) [f(x) - S_n(x)]^2 \, dx, \qquad [17]$$

так что в силу леммы II сходится ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{R_n}{n} \lg n. \qquad [18]$$

Применяя к этому ряду преобразование Абеля (состоящее в представлении его в виде двойного ряда и изменении порядка суммирования), мы получаем сходимость ряда

$$\sum_{n=2}^{\infty} c_n^2 \left(\sum_{k=1}^{n-1} \frac{\lg k}{k} \right).$$

Но так как при всех значениях n, будет

$$\sum_{k=1}^{n-1} \frac{\lg k}{k} > \frac{1}{2} \lg^2 n - 1,$$

то справедливость леммы делается очевидной.

Для доказательства высказанного выше результата о сходимости почти везде ряда [6] для функций ограниченной вариации нам остается упомянуть известную теорему Радемахера(3)-Меньшова(4), гласящую, что из сходимости ряда [15] вытекает сходимость почти везде ряда

$$\sum_{k=0}^{\infty} c_k \varphi_k(x),$$

где $\{\varphi_k(x)\}$ есть произвольная ортогональная и нормированная система функций.

Действительно, положив

$$\varphi_k(x) = \sqrt{p(x)} \, \omega_k(x),$$

мы, в силу леммы III и приведенной теоремы Радемахера-Меньшова, можем гарантировать сходимость почти везде ряда

$$\sum_{k=0}^{\infty} c_k \sqrt{p(x)}\, \omega_k(x),$$

что равносильно доказываемой теореме.

Поступило
16 IV 1934.

MATHÉMATIQUES

SUR LA CONVERGENCE DES SÉRIES DE POLYNOMES ORTHOGONAUX

Par I. NATANSON

(*Présenté par S. Bernstein, de l'Académie, le 16. IV. 1934*)

RÉSUMÉ

L'auteur considère les développements en série de polynomes orthogonaux correspondant à un poids $p(x) > 0$ mesurable et borné* sur le segment $(-1, +1)$. En utilisant une idée de A. Kolmogorov, il démontre que le développement correspondant à une fonction $f(x)$ à variation bornée converge presque partout vers la fonction $f(x)$.

Manuscrit reçu
le 16. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITTÉRATURE CITÉE

[1] И. П. Натансон. ИМЕН, 1933, № 1, стр. 85 Bull. A. S. URSR Natanson. 1933 № 1, p. 85—88. [2] А. Н. Колмогоров. ДАН, 1934, № 6, стр. 291—294. A. Kolmogorov C. R. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, 1934, № 6, p. 291—294. [3] H. Rademacher. Math Ann., 87, 1922, S. 112—138. [4] D. Menchoff. Fund. Math., 4, 1923, 82—105.

ФИЗИКА

Б. ДАВЫДОВ

УРАВНЕНИЕ ФОККЕРА-ПЛАНКА В ФАЗОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЯ РЕЛАКСАЦИИ МАКСВЕЛЛОВСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 14 IV 1934*)

1. Статистическое уравнение в фазовом пространстве является, вообще говоря, интегральным; однако, в том случае, когда взаимодействие между частицами складывается из очень большого числа слабых случайных воздействий, уравнение приводится к дифференциальному уравнению типа Фоккера-Планка. Это имеет место для тяжелых частиц растворенных в жидкости или в газе, состоящем из частиц значительно более легких: броуновские частицы или тяжелые ассоциированные ионы. При этом, конечно, предполагается, что взаимодействием между рассматриваемыми частицами можно пренебречь, т. е., что раствор достаточно слабый.

* On peut supposer seulement que $0 < p(x) < \frac{M}{\sqrt{1-x^2}}$.

Уравнение для фазового пространства может быть получено тем же путем, что и для пространства координат [1]. Пусть в момент t функция распределения будет $w(x_\alpha, y_\alpha, t)$; x_α координаты частицы, y_α составляющие ее импульса. За малый промежуток времени δt в точку x_α попадут частицы, которые в момент t находились в $x_\alpha' = x_\alpha - \frac{1}{m} y_\alpha \delta t$. Импульс этих частиц будет меняться неодинаково; обозначая $\psi(x_\alpha', y_\alpha, \eta_\alpha)$ вероятность перехода за время δt из точки (x_α', y_α) в точку $(x_\alpha, y_\alpha + \eta_\alpha)$, получим:

$$w(x_\alpha, y_\alpha, t + \delta t) = \int_{-\infty}^{+\infty}\int\int w(x_\alpha', y_\alpha - \eta_\alpha, t)\,\psi(x'_\alpha, y_\alpha - \eta_\alpha, \eta_\alpha)\,d\eta_1\,d\eta_2\,d\eta_3. \quad [1]$$

Пусть изменение импульса за δt складывается из большого числа очень слабых, независимых друг от друга по величине и направлению, изменений. Тогда, в силу основной теоремы исчисления вероятностей, $\psi(\eta_\alpha)$ будет иметь вид смешанного нормального распределения. Нельзя однако предполагать, что наши оси будут главными осями этого распределения. Пусть преобразование $(y_\alpha) \to (y_\alpha^0), (\eta_\alpha) \to (\eta_\alpha^0)$ приводит его к главным осям:

$$\psi = \frac{1}{\sigma_1\,\sigma_2\,\sigma_3\,(2\pi\delta t)^{3/2}}\, e^{-\sum_\alpha \frac{(\eta_\alpha^0 - a_\alpha^0 \delta t)^2}{2\sigma_\alpha^2\,\delta t}}. \quad [2]$$

Здесь σ_α, a_α^0 могут зависеть от x_α, y_α^0. Подставляя это значение ψ в [1] и раскладывая подинтегральное выражение в ряд по степеням η_α^0 (по аргументу $y_\alpha^0 - \eta_\alpha$), получим с точностью до величины порядка δt^2:

$$w(x_\alpha, y_\alpha^0, t + \delta t) = w(x_\alpha', y_\alpha^0, t) - \sum_\alpha \frac{\partial}{\partial y_\alpha^0}(w\overline{\eta_\alpha^0}) + \frac{1}{2}\sum_\alpha \frac{\partial^2}{\partial y_\alpha^{0\,2}}(w\overline{\eta_\alpha^{0\,2}}),$$

где $\overline{\eta_\alpha^0} = \int_{-\infty}^{+\infty}\int\int \eta_\alpha^0 \psi\, d\eta_1\, d\eta_2\, d\eta_3 = a_\alpha^0\,\delta t, \qquad \overline{\eta_\alpha^{0\,2}} = \sigma_\alpha^2\,\delta t,$

или, переходя обратно к осям y_α, η_α:

$$w(x_\alpha, y_\alpha, t + \delta t) = (w(x_\alpha', y_\alpha, t) - \sum_\alpha \frac{\partial}{\partial y_\alpha}(w\overline{\eta_\alpha}) + \frac{1}{2}\sum_\alpha\sum_\beta \frac{\partial^2}{\partial y_\alpha \partial y_\beta}(w\overline{\eta_\alpha \eta_\beta}).$$

В правой части этого равенства все величины берутся в точке x_α'; заменяя их значениями в x_α, найдем:

$$w(t + \delta t) = w(t) - \sum_\alpha \frac{y_\alpha}{m}\frac{\partial w}{\partial x_\alpha}\delta t - \sum_\alpha \frac{\partial}{\partial y_\alpha}(w\overline{\eta_\alpha}) + \frac{1}{2}\sum_\alpha\sum_\beta \frac{\partial^2}{\partial y_\alpha \partial y_\beta}(w\overline{\eta_\alpha \eta_\beta}).$$

Составляя теперь разность $w(t + \delta t) - w(t)$, деля на δt и переходя к пределу $\delta t \to 0$, получим уравнение:

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \sum_\alpha \frac{y_\alpha}{m}\frac{\partial w}{\partial x_\alpha} + \sum_\alpha F^\alpha \frac{\partial w}{\partial y_\alpha} = \sum_\alpha \frac{\partial}{\partial y_\alpha}(R^\alpha w) + \sum_\alpha\sum_\beta \frac{\partial^2}{\partial y_\alpha \partial y_\beta}(Q^{\alpha\beta} w), \quad [3]$$

где $R^\alpha = -\lim_{\delta t \to 0}\frac{\overline{\eta_\alpha}}{\delta t} + F^\alpha$, $Q^{\alpha\beta} = \lim_{\delta t \to 0}\frac{\overline{\eta_\alpha \eta_\beta}}{2\delta t}$, [4]

F^α здесь внешняя сила.

Заметим, что соотношение [2] при малом δt является необходимым для действительности уравнения Фоккера-Планка, также и тогда, когда R и Q не являются постоянными. Чтобы это показать, достаточно подставить в уравнение $w = \psi$. Уравнение Фоккера-Планка справедливо,

следовательно, для таких распределений, которые в бесконечно-малом ведут себя как смещающееся нормальное распределение.

Пусть теперь w не зависит от x_α и $F^\alpha = 0$. Задача тогда обладает сферической симметрией и в сферических координатах (с радиусом $p =$ величине импульса) из R^α отличается от 0 только R^p, и тензор $Q^{\alpha\beta}$ является диагональным. Пусть, далее, наши тяжелые частицы обладают значительно меньшими скоростями, чем частицы растворителя, с которыми они взаимодействуют. Тогда средний квадрат изменения импульса, зависящий только от относительной скорости, не будет зависеть от p:

$$Q^{pp} = Q, \quad Q^{\theta\theta} = \frac{1}{p^2} Q, \; Q^{\varphi\varphi} = \frac{1}{p^2 \sin^2\theta} Q \; (Q = \text{const}).$$

Уравнение принимает вид:

$$\frac{\partial w}{\partial t} \frac{1}{p^2} \frac{\partial}{\partial p} (p^2 q^p) + \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin\theta q^\theta) + \frac{\partial q^\varphi}{\partial \varphi},$$

$$- q^p = Q \frac{\partial w}{\partial p} + R^p u, \; - q^\theta = \frac{Q}{p^2} \frac{\partial w}{\partial \theta}, \; - q^\varphi = \frac{Q}{p^2 \sin^2\theta} \frac{\partial w}{\partial \varphi}.$$

Связь между R^p и Q получится из условия, что для равновесного распределения: $w = e^{-ap^2}$, $a = \frac{1}{2mkT}$, вектор тока q^α должен исчезать. Это дает $R^p = 2\,apQ$. Окончательно имеем:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{Q}{p^2} \left\{ \frac{\partial}{\partial p} \left[p^2 \left(\frac{\partial w}{\partial p} + 2\,apw \right) \right] + \frac{1}{\sin\theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin\theta \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2\theta} \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} \right\}, \qquad [5]$$

откуда

$$w_{nl} = p^l L^{\left(l+\frac{1}{2}\right)}_{n+l+\frac{1}{2}} (ap^2)\, Y_l(\theta, \varphi)\, e^{-ap^2 - \lambda_{nl} t}, \qquad [6]$$

$$\lambda_{nl} = 2aQ(2n + l) = \frac{R}{p}(2n + l), \quad n, l = 0, 1, 2 \ldots \qquad [7]$$

Здесь Y_l шаровые функции, $L_k^{(i)}$ обобщенные полиномы Лагерра. Начальное состояние должно, следовательно, быть представлено в виде суммы собственных функций [6], каждая из которых имеет свое время релаксации $\tau_{nl} = \frac{1}{\lambda_{nl}}$; $n = l = 0$ соответствует равновесному состоянию. Если ввести подвижность частиц: $u = \frac{\overline{p}}{mF}$, то очевидно $\frac{R}{p} = \frac{1}{m_u}$.

2. К взаимодействию частиц одинаковой массы уравнение Фоккера-Планка неприменимо; высшие степени изменения импульса за малый промежуток времени здесь будут того же порядка, что и первая и вторая, так что разложение, лежащее в основе метода, расходится даже при медленно убывающих с расстоянием силах. Формула [7] для времени релаксации по порядку величины должна, однако, оставаться справедливой если вместо p подставить средний импульс частиц, вместо R среднее его уменьшение; R может быть оценено по кинетической теории газов, если концентрация частиц невелика. При силах, меняющихся с квадратом радиуса, метод столкновений, как известно, плохо применим, так как получающиеся интегралы расходятся. С известной степенью точности можно все же и здесь получить результаты, интегрируя не до бесконечности, а только до среднего расстояния между частицами [2].

Томас ([3]) попытался учесть также и взаимодействие на больших расстояниях, там, где силы действующие между данными двумя частицами уже малы по сравнению с силами, действующими на них со стороны остальных частиц. Вместо распределения по Больтцману он, однако, предполагает, что средняя плотность частиц вокруг данной не зависит от расстояния, а это приводит к совершенно неверному результату. Так при определении среднего изменения импульса (его формула 3.6) он вычисляет среднее значение $(u^2 - v^2)$, где v относительная скорость до столкновения, u — после, и получает отличный от нуля результат: вследствие столкновений кинетическая энергия частиц непрерывно возрастает, что и указывает на нестационарность распределения.

В смеси равного количества положительных и отрицательных зарядов (сильно ионизированный газ, положительная колонка газового разряда), взаимодействием на больших расстояниях можно просто пренебречь, так как там дебаевская атмосфера экранирует заряд. Выражение для R, получающееся при интегрировании до среднего расстояния между частицами можно здесь считать достаточно точным *, тем более, что это расстояние входит под логарифмом:

$$R = \frac{8\pi e^4 N}{3E} \log \frac{E}{e^2 N^{1/3}}. \qquad [8]$$

Здесь e элементарный заряд, N числовая плотность, E средняя кинетическая энергия частиц. Время релаксации приблизительно:

$$\frac{1}{\tau} \sim \frac{R}{\overline{p}} = \frac{4\pi\sqrt{2}}{3} \frac{e^4 N}{\sqrt{mE^3}} \log \frac{E}{e^2 N^{1/3}}. \qquad [9]$$

Лэнгмюр ([5]) путем грубой оценки пришел к выражению:

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\sqrt{3\pi^3}}{2} \frac{e^4 N}{\sqrt{mE^3}} \log \left(\frac{r_D E}{2.67 e^2} \right).$$

В качестве верхнего предела интегрирования он берет здесь вместо $N^{-1/3}$ значительно больший

$$r_D/2.67, \text{ где } r_D = \sqrt{\frac{E}{6\pi N e^2}}$$

дебаевский радиус. Он, однако, входит под логарифмом, так что результат преувеличивается немного. Так для электронов при

$$E = \frac{3}{2} kT,\ T = 10^4,\ N = 10^{11}$$

его формула дает $\frac{1}{\tau} = 3{,}15 \cdot 10^6$, тогда как по [9] $\frac{1}{\tau} = 2.6 \cdot 10^6$.

В заключение я хотел бы выразить свою искреннюю благодарность проф. Д. А. Рожанскому, обратившему мое внимание на данный вопрос.

Научно-исследовательский институт телемеханики. Ленинград.

Поступило 14 IV 1934.

---

* Габор ([4]) пытается найти R, рассматривая колебания кинетической энергии частиц около ее среднего значения. Но если рассматривать те частицы, которые вначале обладали одинаковой энергией, то с течением времени у них энергия будет меняться по разному, причем среднее ее значение асимптотически стремится к $\frac{3}{2} kT$, так что о каких колебаниях говорит Габор совершенно непонятно.

В более поздней работе ([5]) он также рассматривает уравнение Фоккера-Планка, но пишет его неверно. Он трактует столкновения электронов с ионами, окруженными дебаевской атмосферой, как их рассеяние „гигантскими атомами". Но тут можно говорить только об упругом рассеянии электронов ионами, но не об обмене энергией между электронами.

DIE FOKKER-PLANCK'SCHE GLEICHUNG IM PHASENRAUME UND DIE RELAXATIONSZEIT DER MAXWELL-VERTEILUNG

Von B. DAVYDOV

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 14. IV. 1934*)

§ 1. Die statistische Gleichung im Phasenraume ist im allgemeinen eine Integralgleichung; wenn aber die Wechselwirkung der Teilchen sich aus einer sehr grossen Zahl schwacher zufälliger Wirkungen zusammensetzt, kann die Gleichung auf die Form der Fokker-Planck'schen Differentialgleichung gebracht werden. Das findet statt für schwere Teilchen, welche in Flüssigkeit oder in einem, aus viel leichteren Teilchen bestehenden Gase aufgelöst sind: Brown'sche Teilchen oder schwere assoziierte Ionen. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass die Wechselwirkung der betrachteten schweren Teilchen selber vernachlässigt werden kann, d. h. dass die Lösung zur Genüge verdünnt ist.

Die Gleichung für den Phasenraum lässt sich auf dieselbe Weise aufstellen, wie für den Koordinatenraum [1]. Es sei im Zeitpunkt t die Verteilungsfunktion $w(x_\alpha, y_\alpha, t)$; x_α seien die Koordinaten des Teilchens, y_α seine Impulskomponenten. Nach einem kleinen Zeitintervall δt werden auf den Punkt x_α Teilchen gelangen, welche zur Zeit t in x_α' sich befanden,

$$x_a' = x_\alpha - \frac{1}{m} y_\alpha \, \delta t.$$

Der Impuls dieser Teilchen wird sich in ungleichem Masse ändern; die Wahrscheinlichkeit des Überganges in der Zeitspanne δt aus dem Punkte (x_α', y_α) in den Punkt $(x_\alpha, y_\alpha + \eta_\alpha)$ sei $\psi(x_\alpha', y_\alpha, \eta_\alpha)$; wir bekommen [1].* Es sei ferner die Änderung des Impulses eines Teilchens im Laufe von δt aus einer grossen Anzahl sehr schwacher Abänderungen zusammengesetzt, welche nach Grösse und Richtung voneinander unabhängig sind. Dann wird nach dem Haupttheorem der Wahrscheinlichkeitsrechnung $\psi(\eta_\alpha)$ die Gestalt einer verschobenen Normalverteilung erhalten. Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass unsere Axen Hauptaxen dieser Verteilung sein werden. Die Transformation $(y_\alpha) \to (y_\alpha^0)$, $(\eta_\alpha) \to (\eta_\alpha^0)$ mag diese Verteilung auf die Hauptaxen beziehen [2].

Hier können σ_α, a_α^0 von x_α, y_α^0 abhängen. Wollen wir diese Bedeutung für ψ in [1] einsetzen und den Ausdruck unter dem Integral nach Potenzen von η_α^0 (nach dem Argument $y_\alpha^0 - \eta_\alpha^0$) entwickeln, dann bekommen wir mit einer Genauigkeit bis zur Grössenordnung von δt^2:

$$w(x_\alpha, y_\alpha^0, t + \delta t) = w(x_\alpha', y_\alpha^0, t) - \sum_\alpha \frac{\partial}{\partial y_\alpha^0} (w\overline{\eta_\alpha^0}) + \frac{1}{2} \sum_\alpha \frac{\partial^2}{\partial y_\alpha^{02}} (w\overline{\eta_\alpha^{02}}),$$

wo $\overline{\eta_\alpha^0} = \int_{-\infty}^{+\infty}\int\int \eta_\alpha^0 \psi d\eta_1^0 \, d\eta_2^0 \, d\eta_3^0 = a_\alpha^0 \, \delta t$, $\overline{\eta_\alpha^{02}} = \sigma_\alpha^2 \, \delta t$, oder, für die Axen y_α, η_α:

$$w(x_\alpha, y_\alpha, t + \delta t) = w(x_\alpha', y_\alpha, t) - \sum_\alpha \frac{\partial}{\partial y_\alpha} (w\overline{\eta_\alpha}) + \frac{1}{2} \sum_\alpha \sum_\beta \frac{\partial^2}{\partial y_\alpha \partial y_\beta} (w\overline{\eta_\alpha \eta_\beta}).$$

* Die eckigen Klammern bedeuten Formeln im russischen Text.

Auf der rechten Seite dieser Gleichung werden alle Grössen im Punkte x_α' genommen; wenn wir dieselben durch ihre Bedeutungen in x_α ersetzen, so haben wir:

$$w(t+\delta t) = w(t) - \sum_\alpha \frac{y_\alpha}{m}\frac{\partial w}{\partial x_\alpha}\delta t - \sum_\alpha \frac{\partial}{\partial y_\alpha}(w\overline{\eta_\alpha}) + \frac{1}{2}\sum_\alpha\sum_\beta \frac{\partial^2}{\partial y_\alpha \partial y_\beta}(w\overline{\eta_\alpha \eta_\beta}).$$

Bilden wir jetzt die Differenz $w(t+\delta t) - w(t)$, dividieren durch δt und gehen zur Grenze $\delta t \to 0$ über, so bekommen wir die Gleichung [3], [4]. F^α ist hier die äussere Kraft.

Es ist zu bemerken, dass der in [2] zum Ausdruck gebrachte Tatbestand bei kleinem δt für die Gültigkeit der Fokker-Planck'schen Gleichung notwendig ist, auch dann, wenn R und Q keine Konstanten sind. Um dieses zu zeigen, genügt es in die Gleichung $w = \psi$ einzusetzen. Die Fokker-Planck'sche Gleichung ist also für solche Verteilungen gültig, welche im unendlich kleinen sich wie eine sich verschiebende Normalverteilung verhalten.

Es sei nun w von x_α unabhängig und $F^\alpha = 0$. Dann besitzt das Problem Radialsymmetrie; daher ist in Polarkoordinaten (mit dem Radius $p =$ der Impulsgrösse) von den R^α nur R^p von 0 verschieden, und $Q^{\alpha\beta}$ wird Diagonalform erhalten. Nehmen wir ferner an, dass unsere schweren Teilchen viel kleinere Geschwindigkeiten haben, als die Teilchen des Lösungsmittels, mit welchen sie in Wechselwirkung stehen. Dann wird das mittlere Quadrat der Impulsänderung, das bloss von der relatien Geschwindigkeit abhängt, von p unabhändig sein:

$$Q^{pp} = Q, \quad Q^{\theta\theta} = \frac{1}{p^2}Q, \quad Q^{\varphi\varphi} = \frac{1}{p^2 \sin^2\theta}\, Q \;(Q = \text{const}).$$

Die Gleichung nimmt die Gestalt an:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \frac{1}{p^2}\frac{\partial}{\partial p}(p^2 q^p) + \frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}(\sin\theta q^\theta) + \frac{\partial q^\varphi}{\partial\varphi},$$

$$-q^p = Q\frac{\partial w}{\partial p} + R^p w, \quad -q^\theta = \frac{Q}{p^2}\frac{\partial w}{\partial\theta}, \quad -q^\varphi = \frac{Q}{p^2\sin^2\theta}\frac{\partial w}{\partial\varphi}.$$

Der Zusammenhang zwischen R^p und Q ergibt sich aus der Bedingung, dass für den Gleichgewichtszustand:

$$w = e^{-ap^2}, \quad a = \frac{1}{2mkT},$$

die Stromdichte q^α verschwinden muss. dieses gibt $R^p = 2apQ$. Letzten Endes haben wir [5], [6], [7].

Hier sind Y_l Kugelfunktionen, $L_k^{(l)}$ verallgemeinerte Laguerre'sche Polynome. Folglich muss der Anfangszustand als Summe von Eigenfunktionen der Art [6] dargestellt werden, von denen eine jede ihre eigene Relaxationszeit hat: $\tau_{nl} = \frac{1}{\lambda_{nl}}$; $n = l = 0$ entspricht dem Gleichgewichtszustand. Wenn man die Beweglichkeit der Teilchen einführt: $u = \frac{\bar{p}}{mF}$, so ist offenbar: $\frac{R}{p} = \frac{1}{mu}$.

§ 2. Auf die Wechselwirkung von Teilchen von gleicher Masse ist die Fokker-Planck'sche Gleichung unanwendbar. Die höheren Potenzen der Impulsänderung für ein kleines Zeitintervall werden von derselben Grössenordnung sein, wie die erste und zweite, sogar bei langsam mit der

Entfernung abnehmenden Kräften. Daher divergiert die hier zu Grunde liegende Entwicklung. Die Formel [7] für die Relaxationszeit muss jedoch der Grössenordnung nach gültig bleiben, wenn man anstatt p den mittleren Impuls der Teilchen einsetzt, anstatt R dessen mittlere Abnahme; R kann man nach der kinetischen Gastheorie berechnen, wenn die Konzentration der Teilchen nicht zu gross ist. Bei Kräften, die sich mit dem Quadrat des Radius ändern, wird die Stossmethode bekanntlich übel anwendbar, da die hier auftretenden Integrale divergieren. Mit einer gewissen Annäherung sind jedoch auch hier Resultate zu erlangen, wenn man nicht bis zur Unendlichkeit sondern nur bis zum mittleren Abstand zwischen den Teilchen integriert (2).

Thomas(3) versuchte auch die Wechselwirkung auf grössere Entfernungen zu berechnen, für die Fälle, wo die zwischen zwei gegebenen Teilchen wirkenden Kräfte schon klein sind im Verhältnis zu den von den übrigen Teilchen auf dieselben ausgeübten Kräften. Anstatt der Boltzmann'schen Verteilung setzt er jedoch voraus, dass die mittlere Teilchendichte in der Umgebung eines gegebenen Teilchens von der Entfernung unabhängig ist; und dieses führt zu einem ganz unrichtigen Schlusse. Bei der Bestimmung der mittleren Impulsänderung (seine Formel 3. 6) berechnet er den Mittelwert von $(u^2 - v^2)$, wo v die relative Geschwindigkeit vor dem Zusammenstoss ist, u — diejenige nach dem letzteren, und erhält ein von Null verschiedenes Resultat: infolge der Zusammenstösse nimmt die kinetische Energie der Teilchen beständig zu, was auf einen nichtstationären Charakter der Verteilung hinweist.

Bei der Betrachtung eines Gemisches von gleicher Zahl positiver und negativer Ladungen (stark ionisiertes Gas, positive Säule der Gasentladung) kann die Wechselwirkung auf grosse Entfernungen einfach vernachlässigt werden, da die Ladung durch die Debye'sche Atmosphäre abgeschirmt wird. Den für R beim Integrieren bis zum mittleren Teilchenabstand sich ergebenden Ausdruck kann man hier für hinreichend halten,* umsomehr als der betreffende Abstand unter dem Logarithmus auftritt [8].

Hier ist e die Elementarladung, N — die Konzentrationszahl, E — die mittlere kinetische Energie der Teilchen. Die Relaxationszeit ist annähernd [9]. Langmuir (6) kommt mittels einer groben Schätzung zum Ausdruck

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\sqrt{3\pi^3}}{2} \frac{e^4 N}{\sqrt{mE^3}} \log\left(\frac{r_D E}{2.67 e^2}\right).$$

Als obere Integrationsgrenze nimmt er hier anstatt $N^{1/3}$ das viel grössere $r_D/2.67$, wo $r_D = \sqrt{\frac{E}{6\pi N e^2}}$ der Debye'sche Radius ist. Hier tritt er aber unter dem Logarithmus auf, daher wird das Resultat nicht viel überschätzt. So

* Gabor (4) versucht R zu finden, indem er die Schwingungen der Teilchenenergie um ihren Mittelwert betrachtet. Wenn wir jedoch Teilchen, welche anfangs gleiche Energie hatten, in's Auge fassen, so wird im Laufe der Zeit ihre Energie in ungleichem Masse sich ändern, wobei deren Mittelwert asymptotisch der Grösse $\frac{3}{2}kT$ zustrebt; so es ist denn ganz unklar, von welchen Schwingungen Gabor spricht.

In einer anderen Arbeit (5) betrachtet er auch die Fokker-Planck'sche Gleichung, schreibt sie aber unrichtig.

Er betrachtet die Zusammenstösse der Elektronen mit den Ionen, welche von der Debye'schen Atmosphäre umgeben sind, als ihre Streuung an „Riesenatomen". Tatsächlich kann hier aber bloss von einer elastischen Streuung an Ionen die Rede sein und nicht von Energie austausch zwischen Elektronen.

ergibt sich für Elektronen bei $E=\frac{3}{2}kT$, $T=10^4$, $N=10^{11}$ aus seiner Formel $\frac{1}{\tau}=3.15\cdot 10^6$, während nach [9], $\frac{1}{\tau}=2.6\cdot 10^6$ ist.

Zum Schluss möchte ich Prof. D. Rožansky, der meine Aufmerksamkeit auf diese Frage lenkte, meinen wärmsten Dank aussprechen.

Forschungsinstitut für Telemechanik.
Leningrad.

Eingegangen
d. 14 IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Planck. Berl. Ber., 324, 1917. [2] Jeans. Astronomy and Cosmogony. Ch. XII, 1929. [3] Thomas. Proc. Roy. Soc. (A), **121**, 464, 1928. [4] Gabor. Phys. Z., **34**, 38, 1933. [5] Gabor. Z. J. Phys., **84**, 474, 1933. [6] Langmuir. Proc. Nat. Ac., **14**, 627, 1928.

ФИЗИКА

Академик **Л. И. МАНДЕЛЬШТАМ**

К ВОПРОСУ О РАССЕЯНИИ СВЕТА В НЕРАВНОМЕРНО НАГРЕТОЙ СРЕДЕ

Настоящее сообщение посвящено вопросу о рэлеевском рассеянии света в неравномерно нагретой среде.

Мы начнем с явлений в средах кристаллических. При распространении в кристалле каждая волна как „акустического", так и инфракрасного теплового спектра, испытывает затухание благодаря рассеянию. С этим явлением, как известно, непосредственно связано конечное значение коэффициента теплопроводности, в рассмотрение механизма которой мы здесь можем не входить.

Можно считать экспериментально обоснованным, что затухание акустических волн порядка 0.1 мм длины весьма незначительно. Можно ожидать, что например в кристаллическом кварце это будет иметь место и для более коротких волн, скажем для $\lambda=0.01$ мм. Из дальнейшего будет ясно, что именно нужно при этом понимать под „малым затуханием".

Эти „длинные" волны не играют сколько-нибудь заметной роли в собственно тепловых явлениях, ибо на их долю приходится лишь крайне незначительная часть общей энергии. Если, однако, мы станем определять температуру неравномерно нагретого тела по какому-нибудь явлению, которое в основном обусловливается именно этими длинными волнами, то в результате мы должны получить иное и при том значительно более равномерное „распределение температур", чем распределение, определяемое с помощью обыкновенного термометра. Это отклонение от обычного распределения будет особенно заметным в том случае, если размеры тела столь малы, что на пути, сравнимом с линейными размерами тела, интересующие нас волны испытывают лишь незначительное затухание. Вообще говоря это распределение будет зависеть от размеров и от формы тела.

Таким явлением может служить рэлеевское молекулярное рассеяние света. Длина волн акустического спектра, обусловливающих это рассеяние, зависит от угла между направлением наблюдения и направлением первичного луча; однако, во всех случаях рассеяние зависит только от волн, длина которых не короче световой полуволны. Если вести наблюдения под возможно малыми углами, то рассеяние будет обусловливаться

волнами как раз той длины, которая соответствует упомянутой области слабо затухающих волн.

Эксперимент можно например поставить следующим образом. Через кристалл, например сверху вниз, протекает стационарный поток тепла. Первичный пучек света направлен перпендикулярно потоку. Наблюдения также ведутся в горизонтальной плоскости, причем измеряется интенсивность света, рассеянного различными горизонтальными слоями кристалла. Нужно ожидать, что распределение интенсивностей окажется при этом иным и при том значительно более равномерным, чем то, которое соответствует распределению температур в обычном смысле. Иными словами применение рассеяния света в качестве термометра должно давать „ложное" распределение температур.

Конечно такого рода соотношения должны иметь место и при нестационарных процессах.

В заключение заметим, что и в жидкостях нужно ожидать аналогичных явлений, быть может только несколько менее отчетливо выраженных.

Экспериментальная проверка приведенных соображений подготовляется в настоящее время в НИИФ МГУ.

Научно-исследовательский институт физики
Московского государственного университета.

Поступило
17 IV 1934.

PHYSIK

ÜBER DIE LICHTZERSTREUUNG IN EINEM UNGLEICHTEMPERIERTEN MEDIUM

Von L. MANDELSTAM, Mitglied der Akademie

Die folgenden Bemerkungen beziehen sich auf die Rayleigh'sche Lichtzerstreuung in einem ungleichtemperierten Medium.

Wir wollen zunächst etwa an die Vorgänge in einem Kristall anknüpfen.

Die einzelnen Wellen des „akustischen" bzw. ultraroten Wärmespektrums erleiden bei der Eortpflanzung im Kristall eine Streudämpfung.

Das Vorhandensein eines endlichen Wärmeleitvermögens hängt bekanntlich mit dieser Erscheinung zusammen. Wir brauchen aber nicht auf den Mechanismus des Vorganges hier näher einzugehen.

Es kann als erfahrungsmässig begründet angesehen werden, dass die Dämpfung akustischer Wellen von der Grössenordung von etwa 0.1 mm sehr gering ist. Man wird wohl annehmen dürfen, dass dasselbe z. B. bei einem Kristall wie Quarz auch für kürzere Wellen etwa für Grössenordnungen von $\lambda = 0.01$ mm noch gültig bleibt. Was dabei unter „kleine Dämpfung" zu verstehen ist, wird aus dem weiter folgenden ersichtlich werden. Für die eigentlichen Wärmevorgänge spielen diese „langen" Wellen des akustischen Spektrums, wegen der ganz geringen auf sie entfallenden Energie, keine irgendwie merkliche Rolle.

Bewertet man aber die Temperatur eines nicht gleichförmig temperierten Körpers auf Grund einer Erscheinung, welche vollständig oder grösstenteils durch eben diese langen Wellen bedingt ist, so wird man erwarten müssen, eine andere und zwar im allgemeinen eine viel gleichförmigere

„Temperaturverteilung“ zu finden, als diejenige, welche durch ein gewöhnliches Thermometer angezeigt wird.

Diese Abweichung von der gewöhnlichen Verteilung wird besonders ausgeprägt, falls die Dimensionen des Körpers nicht zu gross sind, derart dass die Dämpfung der in Betracht kommenden Wellen auf Strecken von der Grösse der linearen Abmessungen des Körpers nur gering ist. Sie wird ausserdem von den Dimensionen und der Form des Körpers abhängen müssen. Eine solche Erscheinung ist nun die Rayleigh'sche moleculare Lichtzerstreuung. Je nach der Grösse des Beobachtungswinkels (in Bezug auf die Richtung des einfallenden Strahles) kommen längere oder kürzere Wellen des akustischen Spektrums in Betracht. In allen Fällen aber nur solche, deren Wellenlänge nicht kleiner als $\frac{\lambda}{2}$ des einfallenden Lichtes ist. Beobachtet man unter (möglichst) kleinen Winkeln, so hat man es eben mit Wellen zu tun, deren Länge in den oben angegebenen Bereich der schwachgedämpften Wellen fallen.

Der Versuch kann z. B., folgendermassen ausgeführt werden. Ein stationärer Wärmestrom fliesst durch einen Kristall etwa von oben nach unten. Das primäre Lichtbündel ist senkrecht dazu gerichtet. Beobachtet wird ebenfalls in der horizontalen Ebene und es wird die Intensität des Streulichtes, welches von verschiedenen horizontalen Schichten herrührt, gemessen.

Es ist zu erwarten, dass man dabei eine ganz andere und zwar eine viel gleichförmigere Intensitätsverteilung findet, als es der Temperaturverteilung im gewöhnlichen Sinne entspricht.

Die Lichtverstreuung als Thermometer muss eben eine „falsche“ Temperaturverteilung anzeigen.

Selbstverständlich werden ähnliche Verhältnisse auch bei nicht stationären Vorgängen stattfinden müssen.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass ein analoges Verhalten vielleicht weniger ausgeprägt auch bei Flüssigkeiten zu erwarten ist.

Versuche zur Prüfung der oben angeführten Überlegungen sind im hiesigen Institut in Vorbereitung.

Physikalisches Forschungsinstitut
d. staatl. Universität Moskau.

Eingegangen
d. 17. IV. 1934.

ФИЗИКА

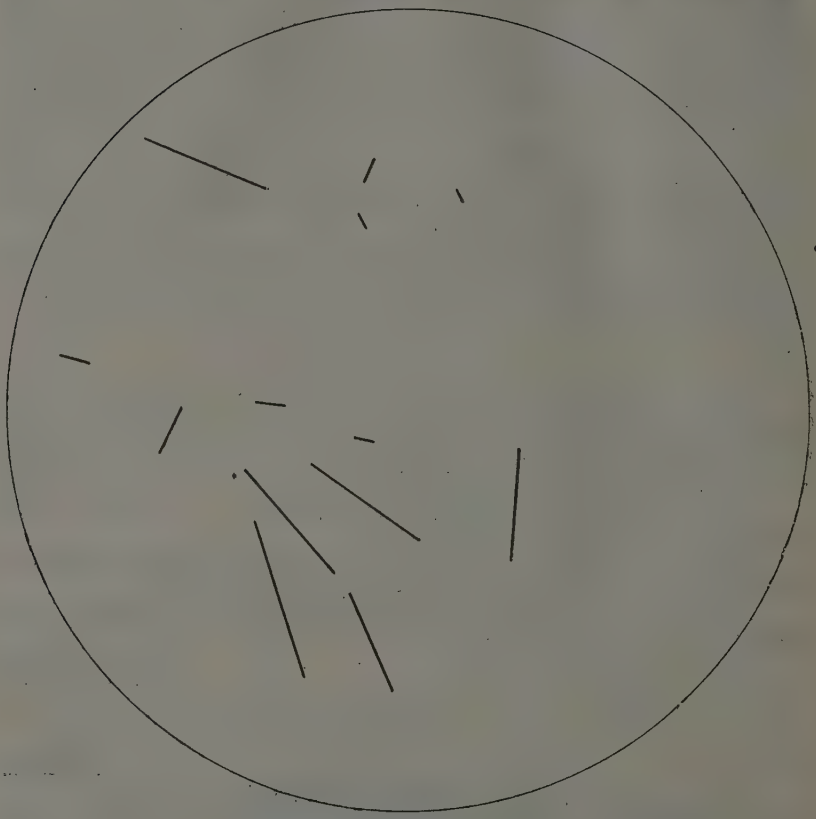
Л. В. МЫСОВСКИЙ и М. С. ЭЙГЕНСОН

НАБЛЮДЕНИЯ НЕЙТРОНОВ ОТ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В КАМЕРЕ ВИЛЬСОНА

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 3 IV 1934)

Вопрос о нейтронах от космических лучей был недавно затронут Лочером [1], который опубликовал одну фотографию сравнительно длинного ядерного следа и несколько фотографий очень коротких следов, приписанных им действию нейтронов от космических лучей. Для выяснения этого вопроса нами была собрана специальная установка, состоящая из большой, непрерывно работающей камеры Вильсона. Диаметр камеры равняется 25 см. Высота камеры при нижнем положении поршня равна 4 см. Расширения производились при посредстве мотора постоянного тока

в 1.5 HP. Скорость вращения мотора регулировалась реостатами и подбиралась такой, чтобы происходило 2—3 расширения в секунду. Ввиду большой высоты камеры к ней прилагалась разность потенциалов в 400 вольт. Камера была смонтирована на крышке стола, которая могла вращаться на петлях таким образом, чтобы ее можно было устанавливать



Фиг. 1. — Abb. 1. Чертеж следов, наблюденных в одной из серий в 1000 расширений. Камера в вертикальном положении.
Уменьшено в 4 раза. — (4-fach verkl).

в горизонтальном и в вертикальном положениях. При каждом опускании поршня замыкалась цепь, в которую был включен счетчик телефонных разговоров. Это позволяло вести точный счет числа расширений. Камера освещалась вольтовой дугой постоянного тока.

Наблюдения следов велись визуально. При опускании поршня были видны следы электронов и следы от тяжелых частиц. Так как цель работы состояла в выяснении вопроса о появлении нейтронов от космических лучей, то мы регистрировали только следы тяжелых частиц. Систематп-

ческие наблюдения состояли в регистрации и счете числа следов на каждую тысячу расширений камеры. Каждая серия в тысячу расширений занимала около 10 минут. Число следов на 1000 расширений при закрытой камере не изменялось в течение 8 дней. Это показывает, что наблюдаемые следы не связаны с загрязнением камеры эманацией радия. Точно так же на числе наблюдаемых следов не отразилась производившаяся нами замена верхней стеклянной крышки камеры и перемена сорта желатины. При пуске камеры в ход, режим, позволяющий наблюдать следы, устанавливался спустя 3—4 минуты. В среднем при вертикальном положении камеры на 1000 расширений мы наблюдали 10—15 следов от тяжелых частиц.

Представление о направлении и длине этих следов можно составить по приведенному рисунку (см. стр. 222), вычерченному по визуальным наблюдениям. На этом рисунке видно, что следы имеют самые различные размеры. Мы наблюдали следы длиной от 1 миллиметра до 15 сантиметров. Направления длинных следов большей частью составляют небольшой угол с вертикалью. Эту особенность длинных следов можно заметить и на прилагаемом рисунке. Ввиду того, что коэффициент полезного действия нашей камеры (промежуток времени, по истечении которого след, после его образования, делается видим) пока еще не определен, трудно сказать, какую часть космической ионизации составляет ионизация от наблюдавшихся нами следов. Некоторые из следов обладали характерными особенностями нейтронного расщепления ядер.

Для дальнейшего изучения наблюдавшегося нами явления предполагается стереоскопическое фотографирование следов при помощи 2 кинамо, связанных с осью махового колеса камеры таким образом, чтобы каждому расширению соответствовал снимок на 1 кадре кино-пленки.

Кроме того, предположено установить рассеиватели как внутри, так и вне камеры.

Физико-математический институт Академии Наук.
Ленинград.

Поступило
8 IV 1934.

PHYSIK

BEOBACHTUNGEN VON NEUTRONEN AUS KOSMISCHEN STRAHLEN IN EINER WILSON'SCHEN KAMMER

Von L. MYSOVSKIJ und M. EIGENSON

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 3. IV. 1934*)

Die Frage von den der kosmischen Strahlung entstammenden Neutronen wurde neuerdings von Locher (1) aufgeworfen, welcher eine photographische Aufnahme einer verhältnismässig langen Kernspur veröffentlichte und mehrere Photographien von sehr kurzen Spuren, die er der Wirkung von Neutronen aus kosmischen Strahlen zuschrieb. Zur Klarlegung dieser Frage wurde eine spezielle Versuchsanordnung eingerichtet, bestehend aus einer grossen, ständig arbeitenden Wilson'schen Kammer. Der Durchmesser der Kammer beträgt 25 cm, die Höhe bei tiefem Stande der Kolbens ist gleich 4 cm. Die Ausdehnungen wurden mittels eines Gleichstrommotors von 1.5 HP ausgeführt. Die Drehgeschwindigkeit des Motors wurde durch Rheostate geregelt und derart gewählt, dass auf die Sekunde 2 bis 3 Ausdehnungen kamen. Angesichts der grossen Höhe der

Kammer wurde eine Potentialdifferenz von 400 Volt angebracht. Die Kammer war auf einer in Angeln drehbaren Tischplatte derart montiert, dass sie sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Lage aufgestellt werden konnte. Bei jeder Senkung des Kolbens wurde ein Stromkreis geschlossen, in welchen ein Zähler für Telephonverbindung eingeschaltet war, was eine genaue Abzählung der Ausdehnungen ermöglicht. Die Kammer wurde mit einer Gleichstrombogenlampe beleuchtet.

Die Beobachtung der Spuren geschah auf visuellem Wege. Bei Senkung der Kolbens waren Spuren von Elektronen und von schweren Teilchen sichtbar. Da die Arbeit eine Aufklärung der Frage der Herkunft von Neutronen von den kosmischen Strahlen bezweckte, so registrierten wir lediglich Spuren von schweren Teilchen. Die systematischen Beobachtungen bestanden in der Aufzeichnung und Zählung der Anzahl von auf jedes Tausend Ausdehnungen der Kammer entfallenden Spuren. Jede Serie von Tausend Ausdehnungen beanspruchte einen Zeitaufwand von ca. 10 Minuten. Die Spurenzahl pro Tausend Ausdehnungen blieb bei geschlossener Kammer im Laufe von 8 Tagen unverändert. Das zeigt, dass die beobachteten Spuren nicht von Verunreinigung der Kammer durch Radiumemanation herrühren. Ebensowenig wurde die Anzahl der beobachteten Spuren durch einen Wechsel des Glasdeckels in der Kammer oder durch Abänderung der Gelatinesorte beeinflusst. Bei Ingangsetzung der Kammer trat ein Régime, welches die Beobachtung der Spuren erlaubte, nach 3—4 min. ein. Durchschnittlich beobachteten wir in vertikaler Lage der Kammer auf 1000 Ausdehnungen 10—15 Spuren von schweren Teilchen.

Eine Vorstellung von Richtung und Länge dieser Spuren kann man auf Grund von Abb. 1 (S. 222) gewinnen, welche nach visuellen Beobachtungen hergestellt ist. Aus der Zeichnung ist ersichtlich, dass die Spuren die verschiedensten Ausmasse aufweisen. Wir beobachteten Spuren von 1 mm bis zu 15 cm Länge. Die Richtungen der langen Spuren bilden grösstenteils geringe Winkel mit der Vertikalen. Diese Eigentümlichkeit der langen Spuren ist auch auf unserer Abbildung zu bemerken. Da der Verwertungskoeffizient unserer Kammer (Zeitspanne, nach deren Ablauf die bereits gebildete Spur sichtbar wird) noch nicht bestimmt wurde, ist es schwer zu sagen, welchen Teil der kosmischen Ionisation die durch die von uns beobachteten Spuren hervorgebrachte Ionisation bildet. Einige von den Spuren wiesen die charakteristischen Merkmale von Neutronen herrührender Kernspaltung auf.

Behufs weiteren Erforschens der von uns beobachteten Erscheinung ist stereoskopisches Photographieren der Spuren mit Hilfe von zwei Kinamo in Aussicht genommen. Letztere sollen mit der Schwungradachse der Kammer auf solche Art verbunden sein, das jeder Ausdehnung eine Aufnahme auf einem Kader des Kinofilm entspreche.

Ausserdem wird beabsichtigt, innerhalb wie ausserhalb der Kammer Zertreuer aufzustellen.

Physikalisch-Matematisches Institut
der Akademie der Wissenschaften.
Leningrad.

Eingegangen
d. 3. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Locher. Phys. Rev., 44, 779, 1933.

ФИЗИКА

М. САВОСТЬЯНОВА и А. ТОПОРЕЦ

ОБРАЗОВАНИЕ ЗАРОДЫШЕВЫХ ЦЕНТРОВ В КРИСТАЛЛАХ ГАЛОИДО-СЕРЕБРЯНЫХ СОЛЕЙ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 16 III 1934*)

Как щелочно-галоидные, так и галоидо-серебряные соли, обладают весьма сильным поглощением в далекой ультрафиолетовой части спектра (1). При освещении длинами волн, соответствующими этой области спектра, в щелочно-галоидных солях появляется новая полоса поглощения („F") в видимой части спектра, вызывающая ту или иную окраску соли (желтая каменная соль); по Полю и Хильшу (1,2,3) красящие центры („атомарно" распределенный металл) следует рассматривать как результат первичного фотохимического процесса в кристаллической среде.

При известных условиях эти центры скопляются в более крупные комплексы, что сопровождается изменением окраски (красная, фиолетовая, синяя каменная соль) (4). В этом случае принято говорить о „коллоидальном" распределении металла внутри кристаллической решотки (5). Мы будем пока придерживаться этого термина, хотя с точки зрения коллоидной химии он не вполне удовлетворителен: частички жидких коллоидных систем всегда заряжены и „защищены" другими веществами, здесь же мы имеем дело скорее с кристалликами металла в чистом виде.

В галоидо-серебряных солях процесс образования более крупных частиц происходит с несравненно большей легкостью, чем в щелочно-галоидных; это обстоятельство было уже отмечено М. Савостьяновой в 1930 г. (6). Хильш и Поль в 1932 г. (2) пришли к подобному же заключению, они указывают даже, что первичной („атомарной") фазы в этих солях наблюдать не удается.

Это обстоятельство имеет чрезвычайно большое значение для фотографической проблемы образования центров проявления: по мнению Рейндерса и Гамбургера (7) их опытами доказано, что отдельные атомы такими центрами служить не могут.

Для того, чтобы получить некоторые данные относительно природы проявляющихся центров, мы предприняли изучение свойств коллоидально окрашенных галоидо-серебряных солей [„фотогалоиды" по терминологии Кэри Ли (8)].

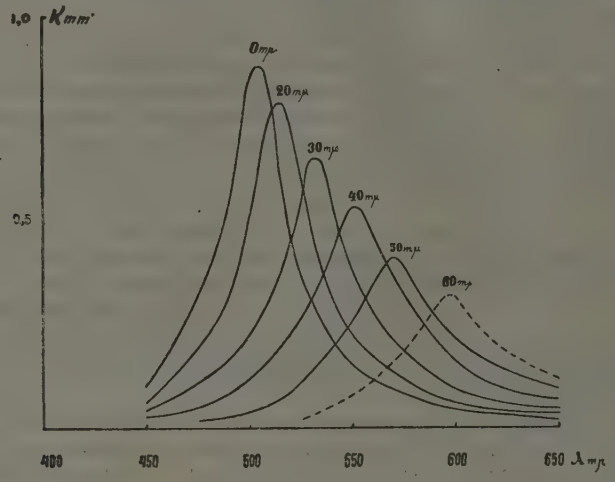
Вычисления. Спектры поглощения и рассеяния коллоидальных систем Ag — AgBr и Ag — AgCl были вычислены по известной теории Ми (9);* максимум поглощения для мельчайшего коллоида ($2\rho < 7$ mμ) лежит для AgBr при 505 mμ, а для AgCl при 475 mμ. Система кривых для частиц различных диаметров приведена на фиг. 1.

Так как чистое хлористое серебро бесцветно, то по теории Ми при коллоидальном окрашивании мы должны иметь желтую (мельчайший коллоид), красную, фиолетовую, синюю окраску, которые действительно многократно наблюдались на так называемых фотохлоридах (8,10). Собственная окраска AgBr — лимонно-желтая, поэтому здесь при наложении коллоидной окраски мы не можем ожидать появления чистых цветов: мелкие частицы должны вызвать темножелтую или бурую окраску, а более крупные — зеленую.

* Вычисления были произведены практикантом ГОИ Э. М. Песочинской.

Максимумы рассеяния для каждого размера частичек совпадают с максимумами поглощения; таким образом и здесь, как во всех коллоидных системах, мы должны иметь в рассеянном и проходящем свете дополнительные цвета.

Экспериментальные данные. Мы пользовались тонкими пленками галоидо-серебряных солей (толщиною в несколько десятых долей мм), полученными при медленном охлаждении с затравкой (платиновая проволочка) соли, расплавленной между двумя стеклянными или кварцевыми пластинками; при удалении этих пластинок получается пленка с совершенно гладкими поверхностями, что представляет большое преимущество в виду трудности полировки очень мягких галоидо-серебряных кристаллов, а также возможного искажения свойств кристалла при полировке.



Фиг. 1. — Abb 1.

Рентгенографический анализ* показал, что пленки имеют кристаллическую структуру.

В качестве исходного материала служили галоидо-серебряные соли, полученные обычным путем из многократно перекристаллизованных $AgNO_3$ и соответствующей щелочно-галоидной соли. В некоторых случаях к этому материалу добавлялись те или другие примеси, в том числе избыточное серебро.**

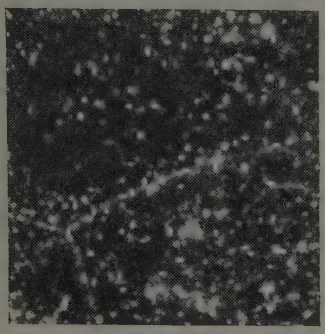
Образование коллоидных частиц. При воздействии „активных" длин волн (из области собственного поглощения) кристаллы окрашиваются; спектрофотометрические измерения дают для различно окрашенных образцов ряд кривых поглощения, которые по положению и по внешнему виду хорошо совпадают с кривыми, вычисленными по теории Ми (числовой материал будет приведен в подробной статье); для AgCl см. также измерения Умрата ([15]) и Лёле ([16]).

* Приносим большую благодарность Н. Н. Валенкову (Рентгеновская лаборатория СПФО ГОИ) за произведенные им снимки пленок.

** Некоторые данные о влиянии примесей и качества кристаллов на их светочувствительность будут сообщены в следующей статье.

Коллоидальная природа окрашенных галоидо-серебряных солей может быть подтверждена также и непосредственными ультрамикроскопическими наблюдениями. Для этой цели мы пользовались Цейссовским кардиоид-конденсором с переменным полем (Wechselkondensor). В соответствии с прежними наблюдениями Лоренца и Эйтеля [17] на плавках AgCl и AgBr, а также Шаума и Кольба [18] на незащищенных зернах галоидо-серебряных солей, оказалось, что „активные" лучи вызывают появление многочисленных ультрамикронов; о величине их можно судить по их цвету (на основании вычисленных кривых рассеяния). Так, например, зеленые частички, обусловливающие розовую окраску AgCl, должны иметь размеры около 30 mμ; желтокрасные („рыжие") ультрамикроны (фиолетовое AgCl) около 40—60 mμ. Зеленая окраска AgBr вызывается темно-красными ультрамикронами (70—90 mμ).

Фиг. 2. — Abb. 2.



Фиг. 3. — Abb. 3.

Частички, рассеивающие белый свет, видны и в проходящем свете; они вызывают у AgBr темнозеленую окраску, а у AgCl серый налет.

Механизм образования частичек может быть прослежен ультрамикроскопически: в большинстве случаев в начале намечается „сетка" очень слабых желтых или рыжих ультрамикронов, которые постепенно становятся все ярче и ярче; наконец, их можно видеть и в проходящем свете. Рост частиц под действием света происходит не за счет соседних частиц, а, вероятно, за счет решетки; никогда не удавалось наблюдать соединения нескольких частиц в одну более крупную. Этот вопрос исследуется более подробно.

Изменения коллоидальных частиц при освещении. При освещении коллоидально окрашенных пленок бромистого и хлористого серебра теми длинами волн, которые не относятся к области собственного поглощения, но поглощаются самими частицами (см. кривые, фиг. 1), по нашим наблюдениям происходят следующие явления:

а) Рассасывание частичек, которые постепенно становятся все менее и менее яркими и, наконец, совсем исчезают [см. также наблюдения Шаума и Кольба [18] на TlBr]. На фиг. 2 и 3 — приведены микрофотограммы одного и того же места пленки AgBr (увеличение около 1000), экспонированной в фокусе кардиоид-конденсора с дуговой лампой: на фиг. 2 в белом свете 40 сек., а на фиг. 3 — после последующего освещения с желтым фильтром в течение 30 сек. В первом случае мы имеем большое число

ультрамикронов; во втором поле зрения стало значительно чернее (светлые пятна — неизбежные включения).

Макроскопически это явление сказывается в обесцвечивании кристалла (эффекты Гершеля и Риттера). Оно наблюдается как на мелких (сине-зеленых) частицах, так и на более крупных, видных и в проходящем свете („видимое почернение").

в) Увеличение частиц, сказывающееся в изменении их цвета (зеленый — оранжевый-красный — белый). Это явление наблюдается преимущественно на кристаллах с избытком серебра и может быть в этом случае истолковано как „оптическая сенсибилизация". Хотя полученные результаты могут быть перенесены на явления в фотографической пластинке только с очень большою осторожностью (передержка), мы все же считаем, что они могут дать правильное представление об образовании и разрушении центров латентного изображения.

Начальнику фотографического сектора ГОИ проф. Т. П. Кравцу мы обязаны глубокой благодарностью за неизменный интерес к нашей работе.

Государственный оптический институт.
Ленинград.

Поступило
16 III 1934.

PHYSIK

ÜBER DIE KEIMBILDUNG IN SILBERHALOGENIDKRISTALLEN

Von M. SAVOSTJANOVA und A. TOPOREC

(*Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 16. III. 1934*)

Bekanntlich besitzen Alkali- bzw. Silberhalogenide eine sehr ausgesprochene Absorption im Ultraviolett (1).

Bei Bestrahlung mit Licht von diesbezüglichen Wellenlängen wird in Alkalihalogenidkristallen eine neue Absorptionsbande („F") im sichtbaren Gebiete gebildet, die eine Verfärbung der Kristalle verursacht (gelbes Steinsalz); die Farbzentren („atomar" verteiltes Metall) sind nach Pohl und Hilsch als primäres Reaktionsprodukt bei Lichteinwirkung aufzufassen (1, 2, 3).

Bei passenden Bedingungen findet ein Zusammenballen dieser Zentren zu grösseren Komplexen statt, was in einem Farbenumschlage sich aüssert (rotes, violettes und blaues Steinsalz) (4). Üblicherweise ist in diesem Falle von einer „kolloidalen" Verteilung des Alkalimetalls im kristallinischen Medium die Rede (5). Wir wollen diesen Ausdruck vorläufig beibehalten, obwohl wir uns bewusst sind, dass vom Standpunkte der Kolloidchemie er nicht ganz zutreffend erscheint: es sind nämlich die Teilchen der flüssigen Kolloide stets geladen bzw. durch fremde Stoffe geschützt, hier dagegen haben wir vielmehr mit reinen Metallkriställchen zu tun.

In Silberalogeniden findet diese Zusammenflockung ausserordentlich leicht statt, was schon in einer diesbezüglichen Notiz von M. Savostianova (6) betont wurde. Hilsch und Pohl gelangten 1932 (2) zum selben Schlusse; dabei gehen sie so weit zu behaupten, dass bisher atomare Verfärbung der Silberhalogenide nicht beobachtet werden konnte.

Für das photographische Problem der Bildung bzw. der Beschaffenheit der Entwickelungszentren ist dieser Umstand von grundlegender Bedeutung; es glauben nämlich Reinders und Hamburger (7) gezeigt zu haben, dass einzelne Atome nicht entwickelungsfähig sind.

Das Ziel verfolgend, einige Daten über die Natur der Entwickelungskeime zu gewinnen, haben wir eine Untersuchung der Eigenschaften der kolloidal-verfärbten Silberhalogenide [nach Carey Lea's [8]) Terminologie — Photohaloide] vorgenommen.

Theoretische Daten. Die Absorptions- bzw. Ausstrahlungsspektren der kolloidalen Systeme Ag—AgBr bzw. Ag—AgCl wurden nach der bekannten Mie'schen Theorie [9]) berechnet; die Lage des Absorptionsmaximums für das „kleinste" Kolloid ($2\varrho \leqslant 7 m\mu$) ergab sich für AgBr bei 505 $m\mu$, für AgCl aber bei 475 $m\mu$; das Kurvensystem für verschiedene Teilchengrössen bei Ag—AgBr ist auf Abb. 1 wiedergegeben.*

Da reines AgCl farblos ist, müssen also nach der Mie'schen Theorie bei Kolloidbildung gelbe („kleinstes" Kolloid), rote, violette, blaue Färbungen entstehen. In der Tat wurden solche Färbungen an s. g. Photochloriden mehrfalls beobachtet ([8] [10]). Bei dem ursprünglich gelbem AgBr kann wegen der Überlagerung der kolloidalen Färbung der Farbenwechsel nicht so auffällig hervortreten; kleinere Teilchen müssen nur ein Braunwerden, gröbere aber einen Farbenumschlag ins Grün verursachen.

Die Berechnung der Ausstrahlungsmaxima ergibt, wie üblich, dass die Ausstrahlungsfarben den Durchsichtsfarben komplementär sein müssen.

Versuchsdaten. Die Silberhalogenide wurden in Form dünner Plättchen (einige Zehntel Millimeter dick) verwendet, die durch Schmelzen des Salzes zwischen zwei Glas- oder Quarzplättchen ([14]) und langsames Abkühlen bei Anwendung eines Kühlers (Pt-Draht) gewonnen waren; man bekommt dabei eine völlig glatte Oberfläche, so dass das für die Kristallstruktur schädliche und langwierige Polieren der äusserst weichen Silberhalogenide vermieden werden konnte.

Die röntgenographische Untersuchung der Plättchen ergab,** dass sie kristallinische Struktur bezitzen.

Zur Untersuchung kam reines, aus mehrfach umkristallisiertem $AgNO_3$ und Halogensalz gefälltes AgBr (AgCl); in einigen Fällen wurden zu diesem Ausgangsmaterial verschiedene Beimengungen, u. a. auch überschüssiges Silber, hinzugefügt.***

Bildung der kolloidalen Teilchen. Bei Belichtung mit „aktiven" Wellenlängen (aus dem Gebiete der Eigenabsorption) erleiden die Silberhalogenidkristalle eine Verfärbung; spektralphotometrische Messungen ergaben für verschiedene Verfärbungen eine Reihe Absorptionsmaxima, die nach ihrer Gestalt und ihrer Lage mit denen nach der Mie'schen Theorie berechneten in guter Übereinstimmung stehen; (das diesbezügliche Zahlenmaterial wird in einer ausführlichen Arbeit der Verfasser wiedergegeben); für AgCl vgl. auch die Messungen von Umrath ([15]) und von Löhle ([16]).

* Die Berechnungen wurden von Stud. E. Pesočinskaja ausgeführt. Ein ähnliches Kurvensystem bekommt man für Silbersole in Wasser ($Ag—H_2O$); nur ist, dem kleineren Brechungsvermögen des Lösungsmittels entsprechend, das ganze System nach den kürzeren Wellenlängen hinverschoben [„kleinstes" Kolloid bei 394 $m\mu$ ([11])]. Die berechneten Absorptionskurven stimmen mit den experimentellen [z. B. mit denen von Schaum und Lang ([12])] gut überein, wodurch die Anwendung der Mie'schen Theorie auch auf Silbersole berechtigt wird; die Abweichung der Feick'schen ([13]) Kurven von den experimentellen ist im Wesentlichen dadurch zu erklären, dass die letzteren nur für vier Wellenlängen berechnet waren, und zwar für solche, die ihrer Lage nach unzureichend sind, um den (nicht monotonen) Kurvenverlauf eindeutig zu bestimmen.

** N. Valenkov (Röntgenlaboratorium des optischen Instituts) sind wir für die röntgenographischen Aufnahmen in hohem Masse verpflichtet.

*** Über den Einfluss der Verunreinigungen bzw. der Beschaffenheit der Kristalle auf deren Lichtempfindlichkeit soll in der nächstfolgenden Mitteilung berichtet werden.

Die kolloidale Natur der verfärbten Silberhalogenide kann auch durch direkte ultramikroskopische Beobachtungen bestätigt werden. (Es wurde dazu ein Zeiss'scher Wechselkondensor verwendet.) Es ergab sich, in Übereinstimmung mit früheren Beobachtungen von Lorenz und Eitel [17] an AgCl- und AgBr-Schmelzen und von Schaum und Kolb [18] an bindemittelfreien Silberhalogenidkörnern, dass die „aktiven" Strahlen die Bildung zahlreicher Ultramikronen hervorrufen, auf deren Grösse annähernd aus den nach der Mie'schen Theorie berechneten Ausstrahlungkurven geschlossen werden kann. So haben z. B. grüne Teilchen, die die rote Färbung der AgCl-Kristalle verursachen, einen Durchmesser von etwa 30—40 mμ; für die gelbroten (violettes AgCl) beträgt diese Grösse etwa 40 — 60 mμ. Die grüne Farbe der AgBr-Kristalle wird durch tiefrote Ultramikrone bedingt (70—90 mμ). Weisse Ultramikronen ($2\varrho > 100 m\mu$) sind auch im Hellfelde sichtbar; bei AgBr bedingen sie eine tiefgrüne Färbung, bei AgCl einen grauen Schleier.

Der Mechanismus der Teilchenbildung kann ultramikroskopisch verfolgt werden: es entsteht ein Netzwerk lichtschwacher gelber oder rostbrauner Ultramikronen, die allmählich intensiver werden und endlich auch im Hellfelde sichtbar werden. Das Anwachsen der Teilchen unter dem Einflusse des Lichtes geschieht nicht auf Kosten der Umgebung, sondern wohl vielmehr auf Kosten des Gitters: es gelang uns niemals ein etwaiges Zusammenballen mehrerer Teilchen zu einem einzigen zu beobachten. Die allerersten Stadien der Bildung kleinster (grüner bzw. blau-grüner) Ultramikronen entziehen sich dabei der direkten Beobachtung; es hat den Anschein, dass die Ursache dafür in deren Unbeständigkeit zu suchen ist. Die Stabilität der ausgeschiedenen Teilchen scheint von der Beschaffenheit des Kristallgitters abhängig zu sein, da in anderen Fällen stabile Färbungen (z. B. rotes AgCl) der kleinsten Kolloide leicht erzielbar sind. Diese Frage wird zurzeit näher untersucht.

Veränderungen der kolloidalen Teilchen unter dem Einflusse des Lichtes. Belichtet man kolloidal-verfärbte AgBr- (AgCl-) Kristalle mit Strahlen von solcher Wellenlänge, dass sie nicht vom Kristall selber, wohl aber von den Silberteilchen absorbiert werden können (vgl. die Kurven Abb. 1), so finden nach unseren Beobachtungen folgende Vorgänge statt:

a) Rückbildnug der Teilchen, die allmählich an Intensität verlieren und endlich ganz verschwinden. [Vgl. die Beobachtungen von Schaum und Kolb [18] an TlBr]. Auf Abb. 2 и 3 ist eine und dieselbe Stelle einer AgBr-Platte aufgenommen (Vergrösserung etwa 1000-fach), die im Brennpunkte des Wechselkondensors (Bogenlampe) exponiert war, und zwar auf Abb. 2 nach 40 Sek. Belichtung mit weissem Licht, auf Abb. 3 aber nach nachfolgender 30 Sek. Belichtung mit Gelbfilter. Im ersten Falle haben wir eine starke Ultramikronenabscheidung, im zweiten Falle ist das Gesichtsfeld erheblich dunkler geworden (die hellen Teilchen sind unvermeindliche Einschlüsse). Makroskopisch wird diese Erscheinung als Entfärbung wahrnehmbar (Herschel-Effekt, Ritter-Effekt). Sie ist sowohl an kleinsten (blaugrünen), als auch an gröberen, auch im Hellfelde sichtbaren Teilchen („direkte Schwärzung") zu beobachten.

b) Vergrösserung der Teilchen, die in einem Farbenumschlage grün — orange-rot — weiss sich äussert [15]. Diese Erscheinung wird vorwiegend an Kristallen mit Silberüberschuss beobachtet; in diesem Falle kann sie als optische Sensibilisation gedeutet werden.

Obwohl die gewonnenen Ergebnisse nur mit grosser Vorsicht auf die Vorgänge in der photographischen Platte übertragen werden dürfen

(Überbelichtung), glauben wir doch, dass sie eine richtige Vorstellung von der Entstehung bzw. Rückbildung der Keime des latenten Bildes geben können.

Prof. T. Kravetz, dem Leiter der photographischen Abteilung des staatlichen optischen Instituts, sind wir für sein stetiges förderndes Interesse zu tiefstem Dank verpflichtet.

Staatliches optisches Institut.
Leningrad.

Eingegangen
d. 16. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR.

[1] R. Hilsch u. R. Pohl. Z. f. Phys., **64**, 606, 1930. [2] R. Hilsch u. R. Pohl. Z. f. Phys., **77**, 421, 1932. [3] R. Hilsch u. R. Pohl. Gött. Nachr., II, № 46, p. 322, 1933. [4] M. Savostianova. Z. f. Phys., **64**, 262, 1930. [5] R. Lorenz. Elektrolyse geschmolz. Salze. II, p. 50, 1905. [6] M. Savostianova. Nature, September 1930. [7] W. Reinders u. L. Hamburger. Z. f. wiss. Photogr., **31**, 32, 1932. [8] Carey Lea. Kolloides Silber und die Photohaloide. 1908. [9] G. Mie. Ann. d. Phys., **25**, 377, 1908. [10] W. Reinders. Z. f. Phys. Ch., **77**, 213, 356, 677, 1911. [11] R. Gans. Ann. d. Phys., **47**, 270, 1915. [12] K. Schaum u. H. Lang. Koll. Z., **28** 243, 1921. [13] R. Feick. Ann. d. Phys., **77**, 673, 1925. [14] Eggert u. Noddak. Z. f. Phys., **20**, 299, 1923. [15] W. Umrath. Zur Photochemie der AgCl Kristalle. Diss. Götting., 1933. [16] F. Löhle. Gött. Nachr., II., 1933, p. 271, № 43. [17] R. Lorenz u. W. Eitel. Pyrosole. pp. 223—229. [18] K. Schaum u. F. Kolb. Z. f. wiss. Phot., **31**, 2, 1932.

ФИЗИКА

Р. Э. АЛЬБРАНДТ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

(*Представлено академиком С. И. Вавиловым 12 III 1934*)

Принято считать, что температура активной нити тепловых приборов возрастает пропорционально квадрату силы тока, протекающего через нить. При этом исходят из таких рассуждений: количество тепла, выделенного током в нити

$$Q = 0.24\, I^2 \frac{\rho}{q} (1 - \beta\tau)\, 2Lt, \qquad [1]$$

где I — сила тока в А, q — поперечное сечение нити в см^2, $2L$ — длина ее в см, ρ — удельное сопротивление Ω/см, β — температурный коэффициент Ω/^{0}C, $\tau = T - T_0$ — нагрев нити сверх температуры окружающей среды T_0, t — время в секундах.

При установившемся режиме прибора имеет место равенство:

$$0.24\, I^2 \frac{\rho}{q} (1 + \beta\tau)\, 2L = \pi D \alpha \tau, \qquad [2]$$

где α — коэффициент теплоотдачи с поверхности горячей нити в воздух, D — диаметр нити в см.

Это уравнение дает

$$\tau = \frac{0.24\, I^2 \frac{\rho}{q}}{\pi D \alpha - 0.24\, I^2 \frac{\rho}{q} \beta},$$

и, следовательно, удлинение нити

$$\Delta 2L = 2L\tau\gamma; \qquad [3]$$

а прирост ее сопротивления

$$\Delta R = R\beta\tau,$$

где γ — коэффициент линейного удлинения.

Такое рассуждение о процессах, протекающих в тепловом приборе, является весьма упрощенным. Как показано далее, явления в тепловой нити прибора протекают несколько сложнее.*

А именно, кроме теплоотдачи в окружающую нить среду (воздух) равной для бесконечно малого отрезка нити dl

$$dV_1 = \pi D\alpha\tau dl, \qquad [4]$$

имеют место потери тепла и на радиацию, по закону Стефана-Больцмана, и через теплоотдачу металлическим частям прибора, соприкасающимся с нитью (такими частями являются, например, массивные зажимы, в которых закреплены концы нити). Если потерями на радиацию при наблюдающихся на практике температурах нагрева нити ($\tau \leqslant 300°$ C) можно еще пренебречь, то этого нельзя сделать в отношении потерь на теплоотдачу металлическим частям прибора, особенно при коротких нитях приборов малого размера.

Приняв за начало координат середину нити, можно потерю тепла через теплопроводность, для бесконечно малого отрезка нити dl, выразить так:

$$dV_2 = -q\lambda \frac{d^2\tau'}{dl^2} dl, \qquad [5]$$

где λ — коэффициент теплопроводности металла нити в T/см сек. °Ca τ' — нагрев нити в точке с координатой l.

При установившемся режиме прибора для любого бесконечно малого отрезка dl нити имеет место равенство:

$$0.24 I^2 \frac{\rho}{q}(1 + \beta\tau')\, dl = \pi D\alpha\tau'\, dl - q\lambda \frac{d^2\tau'}{dl^2} dl, \qquad [6]$$

или

$$\frac{d^2\tau'}{dl^2} + \frac{0.24 I^2 \rho}{q^2 \lambda}\left(1 - \frac{\tau'}{\tau}\right) = 0. \qquad [7]$$

Здесь τ имеет значение, данное в формуле [3], т. е. выражает повышение температуры нити, вычисленное без учета потерь тепла через теплопроводность по металлу. Обозначим через

$$K^2 = \frac{0.24 I^2 \rho}{q^2 \lambda \tau}, \qquad [8]$$

тогда

$$\frac{d^2\tau'}{dl^2} = K^2(\tau' - \tau). \qquad [9]$$

Полный интеграл этого дифференциального уравнения, после определения постоянных будет равен:

$$\tau' = \tau\left(1 - \frac{\mathrm{ch} \cdot Kl}{\mathrm{ch} KL}\right), \qquad [10]$$

$2L$, как уже было сказано, — полная длина нити в см.

* Благодаря общности основных положений, все далее полученные выводы применимы не только к тепловым измерительным приборам, но и вообще для определения распределения температур, удлинения и изменения сопротивления проводников, нагреваемых током. В дальнейшем, применительно к измерительным приборам, такой проводник называется нами нитью, но это наименование не следует понимать, как определение размеров проводника или отношения его толщины к длине. В случае некруглого проводника следует только выразить боковую поверхность его иначе, чем это сделано у нас.

Из уравнения [10] видно, что максимальная температура нити в середине ее ($l=0$)

$$\tau'_{max}=\tau\left(1-\frac{1}{\operatorname{ch} KL}\right)^{*} \qquad [11]$$

зависит от длины нити.

Зная закон распределения температур по нити [10], можно определить истинное удлинение нити:

$$\Delta' 2L=2\gamma\int_0^L \tau'\,dl=\tau\gamma 2L\left(1-\frac{\operatorname{th} KL}{KL}\right). \qquad [12]$$

Из сравнения этого уравнения с уравнением [3] видно, что уравнение [12] отличается наличием поправочного коэффициента

$$\left(1-\frac{\operatorname{th} KL}{KL}\right).$$

При расчетах этот коэффициент удобно отнести к величине $2L$ и трактовать

$$2L\left(1-\frac{\operatorname{th} KL}{KL}\right)$$

как эквивалентную длину нити.

Числовые расчеты показывают, что для большого числа практических случаев старая формула дает значительную погрешность вычислений в сторону преувеличения удлинения нити. Большое значение имеет также подсчет увеличения сопротивления ΔR от такого неравномерного по длине увеличения температуры провода, так как шунтирование нити тепловых приборов на практике часто встречается.

Потребность в решении такой же задачи может возникать и при расчетах других приборов (например, при расчете баретра).

Это увеличение сопротивления подсчитывается совершенно аналогично удлинению:

$$\Delta' R=2\frac{\rho}{q}\beta\int_0^L \tau'\,dl=\frac{\rho}{q}\beta\tau 2L\left(1-\frac{\operatorname{th} KL}{KL}\right). \qquad [13]$$

Как видно из сравнения этой формулы с формулой [5] и здесь играет роль эквивалентная длина нити.

В заключение мы дадим образцы расчетных кривых для определения максимального нагрева τ'_{max}, удлинения $\Delta 2L$ и прироста сопротивления ΔR. Кривые фиг. 2 и 3 для круглой платино-иридиевой проволоки позволяют при заданном диаметре D и токе в ней I легко найти τ и K. Определив, таким образом, K и умножив его на половину длины нити L, находим аргумент гиперболических функций. Кривые фиг. 1 позволяют, зная KL, сразу определить численную величину выражений в скобках:

$$\left(1-\frac{1}{\operatorname{ch} KL}\right) \text{ для } \tau'_{max} \text{ и } \left(1-\frac{\operatorname{th} KL}{KL}\right) \text{ для } \Delta 2L \text{ и } \Delta R. \qquad [14]$$

* Формулы [10] и [11] по существу не являются новыми. Аналогичные выражения были получены и другими исследователями этого вопроса (например, Weinreich'ом, Fischer'ом и другими). Здесь они приводятся потому, что на них построены помещенные далее формулы и кривые, предлагаемые нами для расчета тепловых приборов.

Приведем пример такого расчета. Пусть требуется определить τ'_{max}, $\Delta 2L$ и ΔR для платино-иридиевой нити: $D = 0.2$ мм, $2L = 6$ см, $I = 0.3$А и $R = 0.7\Omega$.

По старому методу расчета, без учета охлаждающего влияния концов: $\tau = 240°$C (по кривой фиг. 3). Удлинение нити:

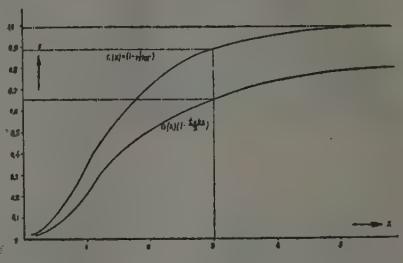
$$\Delta 2L = 2L\tau\gamma = 6.240 \cdot 10^{-5} = 0.014 \text{ см}.$$

Прирост сопротивления нити:

$$\Delta R = 0.7 \cdot 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot 240 = 0.010\ \Omega.$$

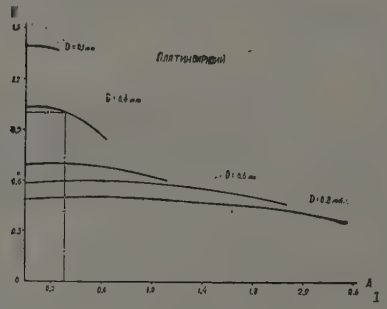
Найдем теперь эти же величины с учетом охлаждающего влияния концов. По кривой фиг. 2 $K = 1$. Тогда

$$KL = x = 3.$$

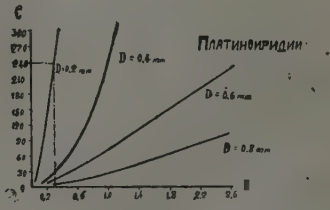


Фиг. 1. — Abb. 1.

По кривым фиг. 1 теперь легко определяются поправочные коэфициенты [14]. Для τ_{max} — 0.88, для $\Delta 2L$ и для ΔR — 0.65. Таким образом, имеем:
$\tau'_{max} = 240 \cdot 0.88 = 210°$ C; $\Delta' 2L = 0.014 \cdot 0.65 = 0.009$ см; $\Delta' R = 0.01 \cdot 0.65 = 0.0065\ \Omega$.



Фиг. 2. — Abb. 2.



Фиг. 3. — Abb. 3.

Разница заметная. Для металлов с хорошей теплопроводностью (медь) разница становится особенно разительной. Любопытно, что даже при ничтожной разнице между τ'_{max} и τ разница в удлинениях и в приросте сопротивления может быть все же очень заметной. Так, например, при $KL = 6$

$$\frac{\tau'_{max}}{\tau} \cong 1, \quad \text{а} \quad \frac{\Delta' 2L}{\Delta 2L} = \frac{\Delta' R}{\Delta R} = 0.83.$$

В заключение следует указать, что построение кривых $\tau = f(I, D)$ и $K = f(I, D)$ для любого металла не представляет затруднений на основании данных нами формул [3] и [8].

Приведенные нами здесь кривые являются примерными, вычислены с некоторыми упрощениями и потому на большую точность не претендуют.

Отраслевая лаборатория
измерительных приборов
при заводе „Электроприбор".
Ленинград.

Поступило
12 III 1933.

THEORETISCHE BEGRÜNDUNG DER BERECHNUNG VON HITZDRAHTMESSGERÄTEN

Von B. ALBRANDT

(Vorgelegt von S. Wawilow, Mitglied der Akademie, d. 12. III. 1934)

Es wird üblicherweise angenommen, dass die Temperatur des Drahtes in den betrachteten Messgeräten dem Quadrat der jeweiligen Stromstärke proportional wächst. Dabei wird von den folgenden Daten ausgegangen: die vom Strom im Drahte ausgeschiedene Wärmemenge beträgt:

$$Q = 0.24 I^2 \frac{\rho}{q}(1 - \beta\tau)\, 2Lt, \qquad [1]$$

wo I die Stromstärke in A, q den Querschnitt des Drahtes in cm^2, $2L$ dessen Länge in cm, ρ den spezifischen Widerstand Ω/cm, β den Temperaturkoeffizienten $\Omega/°C$, $\tau = T - T_0$ den Überschuss der Temperatur des Drahts über diejenige des umgebenden Mediums in Celsiusgrad, t die Zeit in Sekunden bezeichnet.

Bei stationärem Régime des Apparats gilt nachfolgende Gleichung:

$$0.24 I^2 \frac{\rho}{q}(1 + \beta\tau)\, 2L = \pi D \alpha \tau, \qquad [2]$$

wo d den Koeffizienten der Wärmeabgabe von der Oberfläche des erhitzten Drahtes an die Luft, D den Durchmesser des Drahts in cm bedeutet. Diese Gleichung ergibt

$$\tau = \frac{0.24 I^2 \frac{\rho}{q}}{\pi D \alpha - 0.24 I^2 \frac{\rho}{q}\beta}, \qquad [3]$$

und folglich eine Dehnung des Fadens um

$$\Delta 2L = 2L\tau\gamma$$

und einen Zuwachs seines Widerstandes um

$$\Delta R = R\beta\tau$$

wo γ den Koeffizienten der linearen Ausdehnung bedeutet.

Eine derartige Behandlung der im Messgerät verlaufenden Prozesse trägt allerdings den Charakter einer hochgradigen Vereinfachung. Wie im nachstehenden dargelegt ist, nehmen die Prozesse im Hitzdrahte des Apparats einen komplizierteren Verlauf.*

Ausser der Wärmeabgabe an das den Draht umgebende Medium (Luft) welche für einen unendlich kleinen Drahtabschnitt dl

$$dV_1 = \pi D \alpha \tau dl \qquad [4]$$

* Dank dem allgemeinen Charakter unserer Ausgangsdaten können alle weiter erhaltenen Folgerungen nicht nur bei Wärmemessapparaten, sondern überhaupt für Bestimmung von Temperaturverteilung, Dehnung und Widerstandsänderung bei vom elektrischen Strom erhitzten Leitern Verwendung finden. Im nachfolgenden wird hier ein solcher Leiter in Bezug auf Messapparate als Draht bezeichnet, ohne dass diese Benennung als eine Aussage über die Ausmasse des Leiters oder das Verhältnis seiner Dicke zur Länge aufzufassen wäre. Im Falle eines nichtrunden Leiters gilt es nur die Seitenfläche anders auszudrücken, als es hier geschieht.

beträgt, finden noch Wärmeverluste durch Strahlung statt nach den Stefan-Boltzmann'schen Gesetz und durch Wärmeabgabe an die metallischen Teile des Apparates, welche mit dem Drahte in Berührung stehen (solches sind, z. B., die massiven Klemmen, in denen die Enden des Drahtes befestigt sind). Wenn man die Strahlungsverluste, bei den in der Praxis geläufigen Erhitzungstemperaturen des Drahtes noch einigermassen vernachlässigen darf, so kann dieses keineswegs den Wärmeabgaben an die metallischen Teile des Apparats gegenüber geschehen, besonders bei den kurzen Drähten der Geräte von kleineren Ausmassen.

Wenn wir die Mitte des Drahtes zum Ausgangspunkte der Koordinaten annehmen, so kann man den Wärmeverlust durch Leitung für einen unendlich kurzen Drahtabschnitt dl folgendermassen ausdrücken.

$$dV_2 = -q\lambda \frac{d^2\tau'}{dl^2} dl, \qquad [5]$$

wo λ den Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten des Drahtmetalls in T/cm Sek. °C und τ' die Erhitzung des Drahtes im Punkte mit der Koordinate 1 bezeichnet.

Für ein stationäres Régime des Apparats gilt für jeden unendlich kurzen Abschnitt dl des Drahtes die Gleichung:

$$0.24 I^2 \frac{\rho}{q}(1+\beta\tau')\,dl = \pi D\alpha\tau'\,dl - q\lambda \frac{d^2\tau'}{dl^2} dl, \qquad [6]$$

oder

$$\frac{d^2\tau'}{dl^2} + \frac{0.24 I^2 \rho}{q^2 \lambda}\left(1 - \frac{\tau'}{\tau}\right) = 0. \qquad [7]$$

Hier hat τ die in Formel [3] gegebene Bedeutung, d. i. drückt den Temperaturzuwachs des Drahtes aus, berechnet ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste durch Leitung im Metall. Wenn wir die Bezeichnung einführen

$$K^2 = \frac{0.24 I^2 \rho}{q^2 A\tau}, \qquad [8]$$

so ist

$$\frac{d^2\tau'}{dl^2} = K^2(\tau' - \tau). \qquad [9]$$

Das totale Integral dieser Differentialgleichung beträgt nach Bestimmung der Konstanten:

$$\tau' = \tau\left(1 - \frac{\operatorname{ch} Kl}{\operatorname{ch} KL}\right), \qquad [10]$$

wo $2L$, wie schon gesagt, die volle Länge des Drahtes in cm ist.

Aus Gleichung [10] ist ersichtlich, dass die Höchsttemperatur des Drahtes in seiner Mitte ($l = 0$)

$$\tau'_{max} = \tau\left(1 - \frac{1}{\operatorname{ch} KL}\right)^*. \qquad [11]$$

Wenn das Gesetz der Temperaturteilung längs des Drahtes bekannt ist [10], so kann man die wahre Dehnung des Drahtes bestimmen:

$$\Delta' 2L = 2\gamma \int_0^L \tau'\,dl = \tau\gamma 2L\left(1 - \frac{\operatorname{th}\lambda L}{KL}\right). \qquad [12]$$

von der Länge des Drahtes abhängt.

* Formeln [10] und [11] sind dem Wesen nach nicht neu. Analoge Ausdrücke wurden auch von anderen Autoren erhalten, welche sich mit den diesbezüglichen Fragen beschäftigten (z. B. Weinreich, Fischer u. a. m.). Hier werden selbige nur aus dem Grunde angeführt, dass auf ihnen die weiter folgenden Formeln und Kurven fussen, die wir zum Gebrauch bei Berechnung von Hitzdrahtapparaten im Vorschlag bringen.

Bei Vergleichen dieses Gleichung mit Gleichung [4] muss einleuchten, dass Gleichung [12] sich durch Vorhandensein des Korrektionskoeffizienten

$$1 - \frac{\text{th}\, KL}{KL}$$

unterscheidet.

Bei Anstellen von Berechnungen es ist bequem diesen Koeffizient auf die Grösse $2L$ zu beziehen und den Ausdruck $2L\left(1 - \frac{\text{th}\, KL}{KL}\right)$ als eine äquivalente Drahtlänge zu behandeln.

Die zahlenmässigen Berechnungen zeigen, dass für eine grosse Anzahl vom praktischen Fällen die alte Formel erhebliche Fehler ergibt in Richtung eines übertriebener Wertes für die Dehnung des Drahtes. Die Berechnung der Widerstandszunahme ΔR aus Anlass einer solchen, der Länge nach ungleichmässigen Temperatursteigerung des Drahtes ist gleichfalls von grosser Bedeutung, da parallele Schaltung des Drahtes in unseren Messgeräten in der Praxis häufig vorkommt.

Ein Bedürfnis nach Lösung einer gleichartigen Aufgabe kann auch bei Berechnung anderer Apparate (z. B. für Bareter) entstehen.

Diese Widerstandszunahme drückt sich ganz analog der Dehnung folgendermassen aus

$$\Delta' R = 2\frac{\rho}{q}\beta\int_0^L \tau'\, dl = \frac{\rho}{q}\beta\tau 2L\left(1 - \frac{\text{th}\, KL}{KL}\right). \qquad [13]$$

Wie leicht zu ersehen, steht auch hier im Vergleich mit Formel [5] der äquivalenten Drahtlänge eine wesentliche Rolle zu.

Zum Schluss geben wir Beispiele von Berechnungkurven für Bestimmung der maximalen Erhitzung τ'_{max}, der Dehnung $\Delta 2L$ und der Widerstandeszunahme ΔR. Die Kurven Abb. 1 u. 2 für runden Platiniridiumdraht erlauben bei gegebenen Durchmesser D und Stromstärke I die Grössen τ und K leicht zu finden. Wenn wir auf diese Weise K bestimmt und mit der halben Drahtlänge L multipliziert haben, finden wir das Argument der hyperbolischen Funktionen. Die Kurven Abb. 3 erlauben bei bekanntem KL, sogleich den Zahlenwert der eingeklammerten Ausdrücke zu bestimmen:

$$\left(1 - \frac{1}{\text{ch}\, KL}\right) \text{ für } \tau'_{max} \text{ und } \left(1 - \frac{\text{th}\, KL}{KL}\right) \text{ für } \Delta 2L \text{ und } \Delta R. \qquad [14]$$

Das alte Berechnungsverfahren ohne Berücksichtigung der abkühlenden Wirkung der Enden ergibt fur einen Platiniridiumdraht von $D = 0.2$ mm, $2L = 6$ cm, $I = 0.3$ A und $R = 0.7\,\Omega$ ein $\tau = 240°$C (nach Kurve Abb. I). Die Dehnung des Drahtes

$$\Delta 2L = 2L\tau\gamma = 6.240 \cdot 10^{-5} - 0.014 \text{ cm}.$$

Widerstandszunahme im Drahte: $\Delta R = 0.7 \cdot 0.6 \cdot 10^{-4} \cdot 240 = 0.010\,\Omega$. Finden wir jetzt dieselben Grössen unter Berücksichtigung der Abkühlung an den Enden. Nach Kurve Abb. 2 ist $K = 1$ und daher $KL = x = 3$. Mittels Kurven Abb. 3 lassen sich jetzt die Korrektionskoeflizienten [14] leicht bestimmen. Für $\tau_{max} = 0.88$, für $\Delta 2L$ und für $\Delta R = 0.65$. So haben wir denn:

$\tau'_{max} = 240 \cdot 0.88 = 210°$ C; $\Delta' 2L = 0.014 \cdot 0.65 = 0.009$ cm; $\Delta' R = 0.01 \cdot 0.65 = 0.0065\,\Omega$.

Der Unterschied ist recht merklich. Für gut wärmeleitende Metalle (Kupfer) wird die Differenz besonders schlagend. Es ist merkwürdig, dass bei ganz geringfügiger Differenz zwischen τ_{max} und τ die Differenz in Dehnungen und im Widerstandszuwachs doch recht augenfällig sein kann. So hat man z. B. bei $KL = 6$:

$$\frac{\tau'_{max}}{\tau} \cong 1 \quad \text{und} \quad \frac{\Delta' 2L}{\Delta 2L} = \frac{\Delta' R}{\Delta R} = 0.83.$$

Laboratorium für Messgeräte
am „Elektro-Pribor"-Werk.
Leningrad.

Eingegangen
d. 12. III. 1934.

БИОФИЗИКА

В. В. АЛПАТОВ и О. К. НАСТЮКОВА

ПОВЫШЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ХИНИНА, ОСВЕЩЕННОГО КОРОТКИМИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМИ ЛУЧАМИ

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 3 IV 1934*)

1. Еще в 1888 году Маркаччи (1) указал, что раствор хинина оказывает токсичное действие на развивающиеся яйца амфибий на свету, будучи недеятельным в темноте. С тех пор появился целый ряд подобных исследований, говорящих в пользу изменения свойств хинина под действием света, в особенности в ультрафиолетовой части спектра. Упомянем работы Ацци (2), Махта (3), Махта и Тиргартена (4), Фейлера (5), Миланези (6), а также большую серию работ Г. О. Роскина и сотрудников (7); см. также сводку Эттингера (8).

Однако эти последние работы не были подтверждены специально поставленными опытами Жировеца и Боуше (9). Это заставило авторов настоящей работы переисследовать вопрос, применив более объективную методику учета токсичности хинина и статистическую обработку полученных данных.

2. В отличие от работ Роскина и Жировеца, работавших с действием облученного и необлученного хинина на массовые культуры парамеций, мы применяли два метода, причем в обоих из них велось наблюдение за судьбой отдельных экземпляров парамеций под действием предварительно освещенного хинина.

Опыты были двоякого типа. С одной стороны применялись сильные дозы хинина и отмечалась по секундомеру гибель инфузорий, считая за таковую остановку движения ее при наблюдении в лупу с 10-кратным увеличением. Эта методика уже успешно применялась в лаборатории экологии Гаузе (10). С другой стороны инфузории сажались на сутки в гораздо более слабые растворы хинина и устанавливалась как гибель части их, так и темп деления остающихся в живых.

В наших исследованиях мы пользовались как солянокислым хинином аптечным, так и хинином от Мерка. Раствор хинина требуемой концентрации делился на две части, из коих одна облучалась светом кварцевой горелки Hegaeus, Hanau в течение 10 минут на расстоянии 37 см при силе тока в 6 А и невыключенном сопротивлении, через чашечку из прозрачного плавленного кварца, а другая через стеклянную пластинку. Как известно стекло не пропускает лучей, короче 3100 Å, поэтому мы в результате получали хинин, не подвергавшийся действию коротких ультрафиолетовых лучей и хинин, этому воздействию подвергавшийся. Объектом служила чистая линия инфузорий *Paramecium caudatum*.

3. Всего было проделано 5 опытов первого типа, причем в каждом из них определялось время гибели 100 инфузорий, из них 50 в хинине, освещенном через стекло, который мы называли контролем и 50 в хинине, облученном через кварц. Биометрическая обработка полученных данных приведена в табл. 1.

Все опыты показывают бо́льшую токсичность хинина облученного сравнительно с контролем. Для того, чтобы объединить результаты четырех опытов в одно, мы выразили время гибели инфузорий отдельных

Таблица 1 — Table 1

Выживаемость парамеций в растворе 1 : 2000 солянокислого хинина
Survival of paramecia in a 1 : 2000 solution of quinine

№ опыта No of the experiment	Время переживания в секундах Survival time in seconds		В % контроля % of control
	Контроль Control	Хинин облученный коротким ультрафиолетом Quinine exposed to short ultra-violet radiation	
1	132.5 ± 5.0	118.2 ± 3.9	35.5
2	97.4 ± 4.3	84.9 ± 4,1	87.2
3	142.7 ± 6.0	104.8 ± 5.5	73 4
3	78.5 ± 3.0	60.4 ± 2.2	77.1
5	38.0 ± 1.5	30.4 ± 1.5	80.0
Контроль принят за 100 (см. текст).—Control is taken as 100 (see the text)			
1—4	99.0 ± 2.18	80.8 ± 1.86	

Опыт 1—4 — аптечный хинин, 5—хинин от Мерка.

Experiments 1—4—drugstore quinine, experiment 5—quinine from Merck.

опытов в процентах средней продолжительности времени гибели соответственных контролей. Благодаря этому мы получили возможность свести результаты четырех опытов воедино (см. табл. 1). Как видно, токсичность хинина повышается на 20 процентов, а разница между контролем и экспериментом в 6.4 раза превышает свою ошибку, что позволяет говорить о статистической достоверности обнаруженного нами эффекта.

Для проведения опытов второго рода инфузории рассаживались по одиночке на стеклах с углублениями в 4 капли среды. Среда приготовлялась следующим образом: Прежде всего готовился солевой раствор № 1 по Беерс ([11]): в 175 см³ бидестиллированной воды растворяется 1 г $Ca(NO_3)_2$, 0.375 г KNO_3, 0.375 г $MgSO_4$. Одна часть раствора № 1 разводилась еще на 100 частей бидестиллированной воды, давая раствор № 2. На 5 частей раствора № 2 бралась одна часть 1 : 10000 раствора солянокислого хинина. В качестве пищи в 10 см³ приготовленного раствора бралась 1 „петля“ бактерий *Bacillus proteus*, соскребавшаяся платиновой петелкой с культуры на среде с агар-агаром. Результаты этих опытов приведены на табл. 2. Как видно во всех опытах, за исключением опыта 2 и 6, темп деления за сутки более подавлен в среде, где прибавлялся раствор хинина, подвергавшегося действию коротких ультрафиолетовых лучей. Выражая для подсчета числа инфузорий через сутки в процентах среднего арифметического таковых в контроль соответственных опытов, в результате такой обработки для всех 9 опытов мы имеем темп размножения в хинине, подвергавшемся действию коротких ультрафиолетовых лучей, равным 87.6 ± 1.84 %, при контроле равном 100.5 ± 1.87 %. Так как разница превышает свою ошибку в 5.1 раз, ее можно считать вполне достоверной.

Таблица 2 — Table 2

Действие солянокислого хинина (концентрация 1 : 60 000) на отмирание за сутки и темп деления *P. caudatum*

The effect of quinine (concentration 1 : 60 000) upon the survival and division rate of *P. caudatum*

№ опыта No of the experiment		Число животных, пошедших в опыт Number of animals experimented upon	Число умерших потомков Number of offspring that died	Число давших живое потомство Number of animals that produced offspring	Численность потомства Number of offspring	Число потомств на 1 родителя Number of offspring of one parent
1	Конт. Cont.	15	1	14	17	1.21
	Эксп. Exp.	15	9	6	7	1.17
2	Конт. Cont.	15	9	6	6	1
	Эксп. Exp.	15	11	4	4	1
3	Конт. Cont.	15	2	13	15	1.25
	Эксп. Exp.	15	3.5	12	12	1
4	Конт. Cont.	15	0	15	22	1.47
	Эксп. Exp.	15	0	15	18	1.20
5	Конт. Cont.	15	0	15	20	1.33
	Эксп. Exp,	13	0	13	16	1.23
6	Конт. Cont.	15	7	8	8	1
	Эксп. Exp.	15	7	8	8	1
7	Конт. Cont.	15	0	15	44	2.94
	Эксп. Exp.	15	0	15	29	1.93
8	Конт. Cont.	36	6	30	51	1.7
	Эксп. Exp.	36	3	28	42	1.5
9	Конт. Cont.	35	5	30	77	2.57
	Эксп. Exp.	35	6	29	67	2.31
1—9	Конт. Cont.	176	30	17.03 ± 3.44 *		
	Эксп. Exp.	174	44.5	25.56 ± 3.31 *		

Опыты 1—6 — хинин аптечный, 7—9 — хинин от Мерка. Контроль — хинин, освещенный через стекло. Эксперимент — хинин, освещенный через кварц.

Experiments 1—6 — drugstore quinine, 7—9 — quinine from Merck. Control — quinine irradiated through glass. Experiment — quinine irradiated through quartz.

* Процент умерших. — Percentage of those that died.

Из таблицы 2 видно, что смертность инфузорий в у. ф. хинине больше, чем в контроле — 25.5% против 17.0%. Однако, статистически достоверной эту разницу считать нельзя, так $R=\frac{\text{Diff}}{P\cdot E}$ равно лишь 1.8. Дело несомненно в том, что при избранной нами дозе, дающей все же возможность части инфузорий размножаться, смертность не настолько резко проявляется, чтобы в нашем численно не очень большом материале удалось статистически доказать и по смертности в течение суток бо́льшую токсичность видоизмененного хинина.

4. Подводя итоги нашим опытам можно считать статистически доказанным повышение токсичности хинина под влиянием освещения его короткими ультрафиолетовыми лучами. Касаясь вопроса о сущности происходящих с хинином изменений, связанных с большей его токсичностью, укажем что по этому вопросу имеется два предположения. С одной стороны имеются указания Эдлера (1906), что хинин под влиянием света переходит в свой правый изомер хинидин (или кохинин), который по данным некоторых исследователей, например Нельсона (1927), более ядовит, чем хинин. Правда, Махт и Тиргартен [4] указывают на обратное. С другой стороны известно, что хинин обладает сильной абсорбцией в области ультрафиолетовых лучей. В связи с этим стоит наблюдение Роскина [7] о фотохемолюминисценции хинина после освещения ультрафиолетовыми лучами и объяснение большей токсичности вторичным его излучением.

Решение того, какая точка зрения правильна, выходит за пределы нашей статьи. Авторы выражают проф. В. К. Аркадьеву свою признательность за помощь в работе.

Межинститутское биофизическое объединение
Московского государственного университета.
Лаборатория экологии и Лаборатория
им. Максвелла.

Поступило
3 IV 1934.

BIOPHYSICS

ON THE INCREASE OF QUININE TOXICITY UNDER THE INFLUENCE OF THE SHORT ULTRA-VIOLET RADIATION

By V. ALPATOV and O. NASTĬUKOVA

(*Communicated by A. Richter, Member of the Academy, 3. IV. 1934*)

Beginning with an early investigation of Marcacci [1], there is a number of papers which point out that the toxicity of quinine can be increased by exposure to light and particularly to the ultra-violet part of the spectrum. Of great interest are the investigations carried out by G. Roskin and his co-workers [7] dating from 1929. Yet these investigations could not be confirmed in the experiments reported by Jírovec and Bouše [9]. Since neither Roskin nor his critics have experimented with individual animals and have based all their conclusions on mass cultures of *Paramecium caudatum*, the authors of the present paper decided to solve the problem on the basis of exact quantitative data worked out statistically.

Two types of experiments were chosen. The first consisted in applying a stronger (1 : 2000) solution of quinine and in making observations by means of a stop-watch of the length of the survival of paramecia until the cessa-

tion of their mouvements [see Gause ([10])]. In the experiments of the second type a weaker solution (1 : 60 000) was used, and the Paramecia were kept on hollow slides during 24 hours. At the end of this period their mortality and the division rate were counted. We used *chininum muriaticum* of a drug-store origin as well as that obtained from Merck. The original solution of a given concentration was divided in two parts, one of which was covered with a glass plate, while the other was covered with a Petri dish made of transparent fused quartz. Both parts were simultaneously irradiated during 10 minutes by means of a Heraeus (Hanau) quartz burner, at a distance of 37 cm. As it is known that glass does not transmit a radiation shorter than 3100 Å, the difference of our treatements consisted in the absence of the short ultra-violet radiation acting on the fraction of quinine which we shall consider to be the control.

The number of experiments of the first type was equal to five. Each contained observations on 50 control and 50 experimental animals. Having in view a statistical evaluation of the difference observed between the control and the experimental animals, we summarized the results in the following manner. The survival time of each individual in the control group of every experiment, as well as in the corresponding experimental one, was expressed in percentage of the average survival time of the control of the given series. Such a procedure gave us the right to summarize the data of the first four experiments and to calculate the averages with their probable errors (see table 1). It will be seen that in all the six experiments the survival time of the animals treated with quinine which was exposed to the short ultra-violet radiation is shorter than that of the control. The difference between the averages of the control and of the experimental groups, of the first four experiments joined together is 6.4 times larger than its probable error. In other words, there is a statistical evidence of an increase of the quinine toxicity under the influence of the short ultra-violet radiation.

In the experiments of the second type specimens of *P. caudatum* were placed on slides with 4 drops of medium. The latter was prepared according to Beers ([11]). In 175 cm^3 of twice distilled water the following salts were dissolved: 1 g of $Ca(NO_3)_2$, 0.375 g of KNO_3, and 0.375 g of $MgSO_4$ — solution No 1. One part of solution No 1 was mixed with 99 parts of water, this gave solution № 2. To 5 parts of solution № 2 was added one part of 1 : 10 000 solution of *chininum muriaticum* irradiated in two above described manners. In order to provide a food supply, we added a definite quantity of *Bacillus proteus* cultivated on an agar-agar medium, taking one platinum mesh per 10 cm^3 of the solution. The results are shown in table 2. All the experiments, except the second and the sixth, show that the division rate is lower in the medium which received quinine exposed to the short ultra violet radiation. Summarizing all the experiments according to to the above described manner, we get an average equal for the control groups to 100.5 ± 1.87 and for the experimental groups to 87.6 ± 1.84. The difference between the average values, being 5.1 times larger than its probable error, presents statistical evidence of the larger toxicity of quinine when exposed to a short radiation. There is but a slight tendency towards greater mortality of the experimental group as compared with the control ones. There are at the present time two possible explanations of the observed phenomenon. Certain authors afirm that under the influence of the radiating energy, quinine can be transformed into its dextro-isomer which seems to be different as regard ist toxicity from its *l*-isomer [Nelson (1927)

and Macht and Teargarten (4)]. On the other hand, it is well known that quinine possesses a very strong absorption in the region of the ultra-violet part of the spectrum. Roskin (7) expresses the opinion that the change of the toxicity is correlated with the photochemoluminescence of the quinine. We leave this question open for further investigations.

Biophysical Committee
of the Moscow State University.
Laboratory of Oecology and
Maxwell Laboratory.

Received
3. IV. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

[1] Marcacci. Arch. ital. biol., 9, 1888. [2] Azzi. Arch. Sci. med., v. 45. 1922. [3] D. Macht. Proc. Soc. Exp. Biol. and Med., v. 19, 1922. [4] D. Macht. und E. Teargarten. Journ. of Pharm., v. 22, 1923. [5] M. Feiler. Arch. f. Protist., Bd. 61, 1928. [6] E. Milanesi. Arch. farm. sp., v. 46, 1928. [7] G. Roskin. Z. f. Immunitätsf., Bd. 63, 1929.—G. Roskin und K. Romanova. Z. f. Immunitätsf., Bd. 62, 1929. [8] W. Oettinger. The Therapeutic Agents of Quinidine Group. Am. Chem. Soc., 1933. [9] Jírovec und Bouše. Z. f. Immunitätsf., Bd. 77, 1933. [10] G. Gause. Protoplasma, v. 17, 1933 [11] C. D. Beers. Arch. f. Protist., Bd. 80, 1933.

ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

А. В. ФРОСТ и М. И. ШАПИРО

О ПРИРОДЕ КАТАЛИТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК

(*Представлено академиком Н. Н. Семеновым 7 III 1934*)

Значительное воздействие, которое оказывают яды, присутствуя в количествах недостаточных для образования даже 1% от мономолекулярного слоя на поверхности катализатора и чрезвычайно быстрое падение каталитической активности при спекании заставили Тэйлора предположить, что поверхность катализатора неоднородна и каталитически активна лишь ничтожная часть ее — активные точки. Числом таких активных точек на поверхности катализатора определяется его каталитическая активность, которая в значительной мере зависит от метода его приготовления.

Различные исследователи приписывают этим активным центрам различную природу. Так Тэйлор считает, что активные центры представляют собой выступающие на поверхности катализатора пики, — углы и ребра кристаллов, содержащие атомы с ненасыщенными валентностями. О. Шмидт [1, 2] и некоторые другие в противоположность этому считают, что активными местами являются поры и трещины на поверхности катализатора. Рядом работ показана несостоятельность этих и аналогичных им точек зрения.

Если рассмотреть свойства каталитически активного вещества и те процессы, которые приводят его в подобное состояние, то можно сделать следующие общие выводы.

1. В известных пределах рост дисперсности повышает активность.

2. Кристаллизация при низких температурах, как правило, приводит к образованию наиболее активных катализаторов. Падение активности при нагревании наступает много раньше, нежели начинается спекание самых мелких частиц [3, 11].

3. При получении катализаторов разложением и восстановлением твердых соединений, наибольшую активность получают препараты, в которых процесс (восстановление или разложение) не завершен [работы Гюттига ([4, 5, 6]) по распаду гидратов, карбонатов и оксалатов].

4. Для смешанных катализаторов в большинстве исследованных случаев удалось показать, что значительное увеличение активности происходит тогда, когда компоненты, составляющие смесь, способны взаимодействовать с образованием химических соединений, твердых растворов и т. д. Наибольшей активностью обладают те смеси, в которых процесс взаимодействия находится в начальных стадиях ([6, 8, 10]).

5. Аллотропические превращения и образование новых соединений в катализаторе, сопровождающиеся перестройкой кристаллической решетки, также приводят к образованию активных катализаторов ([9, 17]).

6. Холодная механическая обработка металлов (шлифовка, вальцовка) приводит к резкому повышению каталитической активности, в то время как поверхность при этом изменяется весьма незначительно ([3]).

Во всех указанных случаях препараты получают высокую каталитическую активность в условиях, способствующих образованию большого числа мест с незавершенной или испорченной кристаллической решеткой.

Все эти факты подтверждают мысль, высказанную еще в 1929 году Смекалем ([14]), что активные точки катализатора являются ничем иным, как изъянами в кристаллической решетке.

Уже давно известно, что остаточные напряжения 1-го и 2-го рода (т. е. напряжения, уравновешивающиеся в пределах зерна или нескольких элементарных ячеек металла) и являющиеся как раз силами, вызывающими появление в решетке изъянов, вызывают повышенную корродируемость металла. На этом явлении даже основан целый ряд практических методов обнаружения остаточных напряжений.

Повышенная реакционная способность испорченной решетки подтверждает допущение, что именно эти изъяны и являются активными точками при катализе.

Трудность непосредственного обнаружения и исследования подобных изъянов (Lockerstellen) решетки привела к тому, что мы располагаем весьма скудным экспериментальным материалом для проверки выдвинутой точки зрения, но вместе с тем все исследования, проведенные в этой области, ее подтверждают.

Изучение структуры цинк-хромовых катализаторов, полученных совместным прокаливанием смесей кристаллических окисей цинка и хрома показало, что рост активности катализатора при прокаливании сопровождается размытием линий на рентгенограммах, не сопровождающимся уменьшением размеров кристаллов. При дальнейшем повышении температуры прокаливания появляются линии шпинели, и к моменту завершения шпинелеобразования активность катализатора резко падает ([6, 10]). Размытие линий вызывается процессом шпинелеобразования, начинающимся на границах соприкасающихся кристаллов окислов и которое при применявшихся температурах не может идти дальше из-за медленности диффузии через шпинель. Тем самым стабилизируются изъяны в решетке кристаллов окислов, сросшихся со шпинелью. Повышение температуры увеличивает коэффициент диффузии и приводит к полному шпинелеобразованию, по завершении которого не остается факторов стабилизирующих неправильности в кристаллической решетке.

Подобный ступенчатый механизм шпинелеобразования обнаружен работою Гильда ([7]), который изучал процесс шпинелеобразования в системе окись цинка —

окись алюминия, наблюдая изменения структуры под поляризационным микроскопом и измеряя величину теплоотдачи.

Марк и Генгстенберг [12] показали, что наличие в решетке испорченных мест должно повести к ускоренному спадению интенсивностей дебаевских колец в высших порядках (эффект аналогичный действию высокой температуры).

Фрике и Аккерман [13] действительно наблюдали подобный эффект у образцов окиси цинка, полученной при низких температурах, которые, как показано в нашей работе [11], обладают повышенной каталитической активностью. При повышении температуры приготовления окиси цинка из гидрата от 82° до 600° относительная интенсивность дебаевских линий приближалась к нормальной и, наконец, достигала обычных значений при температурах, когда, согласно нашим данным [11], каталитическая активность резко падает.

Фрике и Люке [16] наблюдали тем же методом появление изъянов в решетке кристаллов окиси бериллия, полученной обезвоживанием гидроокиси при температурах порядка 400—500°. Прокаливание при температурах 600—1300° устраняло эти изъяны, что сопровождалось изменением размеров кристаллов.

Эккель [8] изучал влияние холодной механической обработки на каталитическую активность никкеля. Его опыты показали, что вальцовка, шлифовка и полировка никкеля повышает его каталитическую активность примерно в 1000 раз, в то время как поверхность за счет раздробления зерен может измениться лишь раз в 10.

Процесс наклепа, которым сопровождается всякая холодная механическая обработка, создает остаточные упругие напряжения, в результате которых в решетке образуются местные изъяны — активные точки.

Отпуск до температур значительно более низких, чем те, при которых начинается рост новых зерен, уже снимает с металла аккумулированные внутри его зерен напряжения, и каталитическая активность падает.

Нельзя не отметить обнаруженный недавно случай активирующего действия аллотропического превращения $\alpha \rightleftarrows \beta$ в системе палладий — водород на палладиевый катализатор гидрирования бензола [17]. Вблизи точки превращения α-сплава палладий — водород (центрогранная решетка с периодом 3.88 Å) в β-сплав (центрогранная решетка с периодом 4.02 Å) активность резко возрастала, падая в дальнейшем со временем. Этот факт легко объясним тем, что при превращении в решетке возникает большое число изъянов, что и приводит к росту каталитической активности.

В последней части своей работы Эккель [3] сообщает о результатах изучения влияния Al_2O_3 на каталитическую активность и структуру Fe_2O_3. Рентгенографическое и особенно электронографическое исследование показало, что с увеличением содержания окиси алюминия в препаратах решетка окиси железа искажается, что опять таки вызывает рост каталитической активности.

Наконец, тот факт, что массивные металлы, при обычных температурах не обладающие каталитической активностью, начинают катализировать при высоких температурах (близких к температуре плавления) может быть повидимому объяснен тем, что достигшее значительной интенсивности тепловое движение создает в решетке катализатора значительное число мест с нарушенной закономерностью в расположении атомов. Так цезий — наиболее легкоплавкий из элементов 1-й группы — является в то же время наиболее энергичным при нормальных температурах гидрирующим катализатором, по сравнению с другими щелочными металлами.

Хотя все приведенные здесь факты еще и не доказывают, но делают весьма вероятным предположение, что каталитическая активность связана с изъянами решетки катализатора, т. е. с местами, где нарушена правильность его кристаллического строения.

Государственный институт высоких давлений.
Ленинград.

Поступило
7 III 1934.

ÜBER DIE AKTIVEN STELLEN DER KATALYSATOREN

Von A. FROST und M. ŠAPIRO

(*Vorgelegt von N. Semenov, Mitglied der Akademie, 7. III. 1934*)

Die erhöhte Wirksamkeit der Gifte in Mengen, die sogar zur Bildung von 1% der monomolekularen Schicht auf der Oberfläche des Katalysators nicht genügen können, sowohl als die ausserordentlich rasche Abnahme der katalytischen Aktivität während der Sinterung, veranlassten Taylor zu behaupten, dass die katalytische Oberfläche ungleichmässig sei, und die katalytische Aktivität sich nur auf unbedeutende Oberflächenteile — aktive Zentren — beschränke.

Die katalytische Aktivität wird durch die Zahl solcher aktiven Stellen bestimmt und ist in hohem Grade von der Vorbereitungsmethode bedingt.

Die Frage über das Wesen dieser aktiven Stellen wird von verschiedenen Verfassern in verschiedener Weise gelöst.

Taylor, zum Beispiel, verlegt die aktiven Stellen des Katalysators in die auf der Oberfläche des Katalysators hervorragenden Spitzen, Ecken und Kanten der Kristalle, in denen Atome mit ungesättigter Valenz enthalten sind. O. Schmidt [1, 2] und andere sind, dagegen, der Meinung, dass die Poren und Spalten auf der Oberfläche des Katalysators die eigentlichen aktiven Stellen des Katalysators sind. In einer Reihe von Untersuchungen haben sich sowohl diese, als auch andere ähnliche Standpunkte, als mangelhaft erwiesen.

Wenn wir die Eigenschaften des katalytisch aktiven Stoffes und die ihn in diesen Zustand versetzenden Prozesse betrachten, so liegen alle Gründe zu folgenden allgemeinen Schlussfolgerungen vor:

1. In bestimmenten Grenzen hat das Anwachsen der Dispersität eine Aktivitätserhöhung zur Folge.

2. Die Kristallisation bei niedriegen Temperaturen führt in der Regel zur Bildung ausserordentlich aktiver Katalysatoren. Das Sinken der Aktivität erfolgt bedeutend früher, als dis Sinterung der kleinsten Teilchen beginnt [3, 11].

3. Bei Herstellung der Katalysatoren durch Zersetzung oder Reduktion von festen Verbindungen kommt die grösste Aktivität jenen Präparateu zu, in denen der Vorgang (Reduktion oder Zersetzung) nicht beendet ist [Untersuchungen von Hüttig [4, 5, 6] über die Zersetzung der Hydrate, Karbonate und Oxalate].

4. Hinsichtlich der Mischkatalysatoren ist es in meisten Fällen gelungen zu zeigen, dass das bedeutende Anwachsen der Aktivität nur dann stattfinden kann, wenn die dieses Gemisch bildende Komponenten fähig sind mit der Bildung chemischer Verbindungen, fester Lösungen u. s. w. in eine Wechselwirkung zu treten. Die höchste Aktivität besitzen jene Gemische, in denen der Vorgang der Wechselwirkung sich in einem Anfangsstadium befindet [6, 8, 10].

5. Die mit einer Umwandlung im Gitter der Substanz verknüpften allotropischen Umsetzungen und die Entstehung neuer Verbindungen am Katalysator führen auch zur Bildung von aktiven Katalysatoren.

6. Die mechanische Kaltbearbeitung der Metalle (Polieren, Walzen) führt zu einer jähen Steigerung der katalytischen Aktivität, wobei die Oberfläche sich unterdessen nur in einem sehr unbedeutenden Grade verändert [8].

In allen hier in Betracht kommenden Fällen erhalten die Präparate eine hohe katalytische Aktivität dann, wenn die Verhältnisse zur Bildung einer grossen Anzahl von Kristallbaufehlern und Lockerstellen beitragen.

Die im Jahre 1929 von Smekal [14] geäusserte Meinung, die aktiven Stellen am Katalysator wären nichts anderes als Lockerstellen des Kristallgitters, ist von allen diesen Tatsachen bestätigt worden.

Es ist bereits längst bekannt, dass Restspannungen der II u III Art (d. h. solche Spannungen, die in den Grenzen eines Kerns oder mehrerer Primärzellen des Metalls ein Gleichgewicht erreichen) die nämlichen Kräfte darstellen, welche derartige Baufehler im Gitter und infolgedessen eine erhöhte Korrosionsfähigkeit des Metalls hervorrufen. Auf Grund dieser Erscheinung ist sogar eine Reihe von praktischen Methoden zur Entdeckung der Restspannungen ausgearbeitet worden.

Die erhöhte Reaktionsfähigkeit der Lockerstellen bestätigt die Annahme, dass diese Lockerstellen die eigentlichen aktiven Stellen des Katalysators sind.

Die Schwierigkeit einer direkten Entdeckung und Untersuchung solcher Lockerstellen im Gitter hat zur Folge, dass wir ein äusserst dürftiges, diese Annahme beweisendes experimentelles Material besitzen; jedoch haben alle auf diesem Gebiete durchgeführten Untersuchungen diese Annahme bestätigt.

Die Untersuchung der Struktur der Katalysatoren aus Zink- und Chrom-Oxyden, d. h. aus solchen Präparaten, welche mit Hilfe des Ausglühens des Gemisches von kristallischen Zink- und Chrom-Oxyden hergestellt worden waren, hat bewiesen, dass das Anwachsen der katalytischen Aktivität beim Ausglühen auf den Röntgenaufnahmen verbreitete und verwischte Linien bildet, welche aber mit einer Abnahme der Kristallgrösse nicht verbunden sind. Bei höheren Ausglühtemperaturen wird das Erscheinen von Spinellinien beobachtet; die vollendete Spinellbildung führt zu einer bedeutenden Herabsetzung der katalytischen Wirksamkeit [6, 10].

Die Verwischung der Linien wird vom Prozess der Spinellbildung, der auf den Grenzen der Kontaktfläche der Oxydkrystalle beginnt und bei den verwendeten Temperaturen infolge der langsamen Diffusion durch den Spinell nicht weiter fortschreiten kann, hervorgerufen. Dadurch werden die Lockerstellen im Kristallgitter der mit dem Spinell verwachsenen Oxyde stabilisiert. Das Steigen der Temperatur erhöht den Diffusionskoeffizienten und hat eine vollständige Spinellbildung zur Folge; ist aber diese Spinellbildung beendet, so sind keine anderen Momente mehr vorhanden, die zur Stabilisierung der Lockerstellen im Kristallgitter beitragen könnten.

So ein stufenartiger Mechanismus der Spinellbildung ist in der Untersuchung von Hild [7] beobachtet worden; er hat den Prozess der Spinellbildung im System Zinkoxyd — Aluminiumoxyd erforscht, indem er die Strukturveränderung unter dem Polarisationsmikroskop studierte und die Grösse der Strahlung einer Messung unterwarf.

Mark und Hengstenberg [12] haben nachgewiesen, dass das Vorhandensein der Lockerstellen im Kristallgitter zu einem beschleunigten Sinken der Intensität der höheren Ordnungen von Debye-Ringen führen muss (ein Effekt, der dem der Temperaturerhöhung ähnlich ist).

Fricke und Ackermann [13] haben tatsächlich einen ähnlichen Effekt an Mustern des Zinkoxyds verfolgt; dieses Zinkoxyd wurde bei niedrigen Temperaturen, welche, wie es unsere Untersuchung [11] bewiesen hat, eine erhöhte katalytische Aktivität bewirken, hergestellt. Beim Ansteigen der Herstellungstemperatur des Zinkoxyds aus dem Hydroxyd von 82 bis 600° näherte sich die relative Intensität der Debye-Linien dem normalen Zustande und erreichte endlich die gewöhnlichen Werte bei Temperaturen, bei denen, wie es unsere Daten beweisen [11], die katalytische Aktivität scharf sinkt.

Fricke und Lücke [16] benutzen dieselbe Methode, um das Erscheinen der Lockerstellen im Kristallgitter des Beryllium-Oxyds, welches durch Entwässern bei 400—500° aus dem Hydroxyd hergestellt worden war, zu beobachten. Das Ausglühen bei 600—1300° beseitigte diese Gitterstörungen und hatte eine Dimensionsveränderung der Kristalle zur Folge.

Eckel [3] hat den Einfluss der Kaltbearbeitung auf die katalytische Aktivität des Nickels untersucht. Die von ihm angestellten Versuche erwiesen, dass das Walzen, Schleifen und Polieren die katalytische Aktivität des Nickels etwa aufs tausendfache erhöht, während die Oberfläche, infolge der Dispersität der Körner, nur eine zehnfache Veränderung erfährt.

Alle eine mechanische Kaltbearbeitung begleitenden plastische Deformationen erzeugen elastische Restspannungen, welche im Gitterbau örtliche Lockerstellen — aktive Zentren — bilden.

Das Ausglühen bis zu den Temperaturen, welche bedeutend niedrieger liegen, als diejenigen, bei denen ein Wachstum neuer Körner beginnt, entfernt aus dem Metalle die in seinem Innern akkumulierten Spannungen, und die katalytische Aktivität nimmt ab.

Hier sei noch der vor kurzem entdeckte aktiv wirkende Einfluss, den die allotropische Änderung $\alpha - \beta$ im System Palladium — Wasserstoff auf den Palladiumkatalysator bei der Hydrierung des Benzols ([17]) ausübt, erwähnt.

In der Nähe des Umwandlungspunktes, in der α-Legierung Palladium — Wasserstoff (flächenzentriertes Gitter $a = 3.88$ Å) und in der β-Legierung (flächenzentriertes Gitter $a = 4.02$ Å) nahm die Aktivität bedeutend zu, und wurde nach einiger Zeit herabgesetzt. Diese Tatsache kann man ohne weiteres dadurch erklären, dass mit den Gitteränderungen eine bedeutende Anzahl von Lockerstellen entsteht, was ein Steigen der katalytischen Aktivität hervorruft.

Im letzten Teile seiner Arbeit untersucht Eckel ([3]) den Einfluss von Al_2O_3-Gehalt auf die katalytische Aktivität und Struktur von Fe_2O_3.

Die röntgenographische Untersuchung und besonders die Untersuchung nach der Methode der Elektronenbeugung haben erwiesen, dass mit Zunahme des Aluminiumoxyd-Gehalts in den Präparaten das Eisengitter verändert wird, was wiederum zu einem Anwachsen der katalytischen Aktivität führt.

Wenn die massiven Metalle, die bei gewöhnlichen Temperaturen keine katalytische Aktivität besitzen, bei erhöhten (sich dem Schmelzpunkte nähernden) Temperaturen eine katalytische Wirksamkeit ausüben, so ist diese Tatsache scheinbar damit zu erklären, dass die eine hohe Intensität erreichende Wärmebewegung bedeutende Gitterstörungen und Deformationen in der Anordnung der Atome des katalytischen Kristallgitters verursacht.

Zäsium, zum Beispiel, das leichtflüssigste von den Elementen der 1. Gruppe, erscheint, im Vergleich mit anderen Alkali-Metallen, bei normalen Temperaturen als ein höchst energischer hydrierender Katalysator.

Obgleich alle hier in Betracht kommenden Tatsachen unsere Annahme im vollen Masse nicht beweisen, doch kann man mit aller Wahrscheinlichkeit behaupten, dass die katalytische Aktivität mit Gitterstörungen am Katalysator verbunden ist, mit solchen Stellen nämlich, wo die Regelmässigkeit der krystallinischen Struktur zerstört ist.

Staatliches Hochdruck-Institut.
Leningrad.

Eingegangen
d. 7. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] O. Schmidt. Z. phys. Chem. A, **165**, 133 (1933). [2] O. Schmidt. Z. Elektroch., **39**, 833 (1933). [3] J. Eckell. Z. Elektroch., **39**, 423, 433, 807, 855 (1933). [4] G. Hüttig, Kostelitz, Feher. Z. anorg. Chem., **198**, 206, (1931). [5] G. Hüttig, Brüll. Ber., **65**, 1795 (1932). [6] G. Hüttig, Radler, Kittel. Z. Elektroch., **38**, 442 (1932). [7] K. Hild. Z. phys. Chem. A, **161**, 305 (1932). [8] Natta. Giorn. chim. industr. appl., XII, № 1, 13—23 (1930). [9] Hedwell. Z. anorg. Chem., **203**, 373 (1932). [10] П. Я. Иванников, А. В. Фрост, М. И. Шапиро. Исследование структуры и активности цинк-хромовых катализаторов (неопубликованная работа). P. Ivannikov, A. Frost, M. Šapiro (im Druck). [11] П. Я. Иванников, А. В. Фрост, М. И. Шапиро. ДАН-А, новая серия, № 3, 124 (1933). P. Ivannikov, A. Frost, M. Šapiro. C. R. de l'Acad. d. Sci. de l'URSS, nouv. sér., № 3, 124 (1933). [12] Mark, Hengstenberg. Z. Phys., **61**, 433 (1930). [13] R. Fricke, P. Ackermann. Naturwissenschaften, **21**, 266 (1933). [14] A. Smekal. Z. Elektroch., **35**, 567 (1929). [15] K. Fricke, P. Ackermann. Z. anorg. Chem., **214**, 177 (1933). [16] K. Fricke, J. Lükel. Z. phys. Chem. B, **23**, 319, 330 (1933). [17] А. А. Алчуджан. А. А. Введенский, В. Р. Жаркова и А. А. Фрост. Печатается в ЖОХ. A. Alčudžan, A. Vvedenskij, V. Žarkova u. A. Frost (im Druck).

БИОЛОГИЯ

В. Н. ОРЕХОВИЧ и Н. В. БРОМЛЕЙ

ГИСТОЛИЗИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ БЛАСТЕМЫ

(*Представлено академиком А. А. Рихтером 2 III 1934*)

При регенерации органов у амфибий восстановление утраченной части идет параллельно с резорбцией в ряде тканей остатка удаленного органа. Процесс распада захватывает участки, расположенные на значительном расстоянии от раневой поверхности, и продолжается довольно долгое время (месяц—полтора у тритонов и аксолотлей) ([1, 2]).

Вопрос о том, с какими моментами регенерационного процесса связан наблюдаемый гистолиз, в настоящее время является открытым. Некоторые материалы к его выяснению можно найти в данных о физиологических проявлениях отдельных тканей в процессе роста, полученных при культивировании их in vitro.

Известно, например, что растущий in vitro эпителий обладает способностью интенсивно растворять белки питательной среды ([3, 4, 5]) и разрушать подсаженные кусочки инородной ткани ([6]). Аналогичные свойства в тех же условиях могут проявлять лейкоциты ([7, 8]).

Сопоставление приведенных фактов с гистологической картиной регенерации позволяет предположить, что эти ткани (эпителий в частности) могут проявлять указанные свойства и в регенерационном процессе. Весьма возможно, что наблюдаемый при регенерации в тканях остатка органа распад связан с наличием расположенной в непосредственной близи растущей бластемы. Гистолитические свойства регенерационной бластемы подтверждаются косвенно данными Ефимова и Таубе ([9, 10, 11]). Этими авторами было показано, что при закрытии регенерирующего органа кожей в ряде случаев имело место прохождение бластемы сквозь образовавшееся под ее воздействием отверстие в покрывающей коже.

В настоящей работе мы поставили своей задачей выяснить вопрос, действительно ли распад, имеющий место при регенерации в тканях остатка органа, связан с наличием бластемы. Первый этап работы заключается в выяснении гистологической картины прободения кожи, которое было отмечено приведенными выше авторами.

С этой целью у аксолотлей ампутировался хвост, и через 4—6 дней после операции появившаяся бластема покрывалась лоскутом кожи того же животного. На двенадцатый—пятнадцатый день с момента ампутации прижившаяся кожа в участках, прилегающих непосредственно к бластеме, истончалась, и в промежуток времени от пятнадцатого до двадцатьпятого дня регенерации имел место выход бластемы наружу.

Гистологическое обследование позволило в ряде случаев проследить процесс прохождения бластемы через кожу. Выяснилось, что кожа, лежащая над бластемой, постепенно истончается, и затем образуется отверстие, через которое бластема выходит наружу.

Для объяснения этого явления может быть выдвинуто три предположения:

1) В результате механического давления, оказываемого бластемой на кожу, имеет место постепенное сползание эпителия, ведущее к истончению кожи, а затем к прорыву; 2) в результате ухудшенных условий питания кожа, покрывающая бластему, отмирает и прорывается; 3) про-

бодение кожи связано со способностью бластемы гистолизировать окружающие ее ткани.

За несостоятельность первого предположения говорит следующее: зашитые под кожу спины стеклянные или парафиновые бусинки диаметром от 2 до 5 миллиметров вызывают продырявливание покрывающей кожи лишь в редких случаях, причем гистологическая картина мест прорыва резко отличается от той, которую мы наблюдали при прохождении сквозь кожу бластемы. В частности отсутствует постепенное истончение эпителия.

Кроме бусинок под кожу бока и спины аксолотлю помещались собственные конечности, как предварительно ампутированные, так и неотделенные от основания. Несмотря на то, что во всех этих случаях давление на кожу было несоизмеримо больше, чем давление, оказываемое растущей бластемой, на протяжении $4^1/_2$ месяцев прорывов кожи не наблюдалось.

Эти же материалы дают возможность отвергнуть и второе предположение, так как кожа, находящаяся над бусинками и конечностями, несмотря на явное ухудшение условий питания, на всем протяжении опыта имела вполне нормальный вид, и прорывы наступали лишь в очень редких случаях.

Таким образом, можно считать наиболее вероятным третье предположение о наличии гистолизирующего влияния на кожу со стороны растущей бластемы.

Поскольку гистолиз кожи, в приведенных опытах интересовал нас лишь как частный случай способности бластемы вызывать распад в тканях остатка ампутированного органа (подлежащих тканей), была предпринята серия опытов, которая позволила бы выяснить картину распада в подлежащих тканях.

Гистохимически, с помощью нингидриновой реакции, было констатировано в тканях, лежащих за регенератом, скопление продуктов белкового распада. Характерное для этих веществ окрашивание наблюдалось в подлежащих тканях от десятого—тринадцатого дня до тридцать—тридцатьпятого дня, начиная с момента ампутации, и отсутствовало как в бластеме, так и в нормальной стационарной ткани.

Наблюдаемый распад может быть связан как с наличием бластемы, так и с отмиранием тканей остатка ампутированного органа в результате травмы.

Чтобы решить вопрос, как обстоит дело в действительности, были поставлены следующие опыты. Известно ([9]), что при закрытии кожей раневой поверхности ампутированного органа непосредственно после операции регенерационный процесс не имеет места, роста бластемы не наблюдается. Это дает возможность, производя нингидриновую пробу в культях хвоста, покрытых непосредственно после ампутации кожей, выяснить, как долго продолжается в тканях распад, связанный с нанесенной травмой. В результате опытов, поставленных по такому принципу, выяснилось, что через 13—16 дней после операции в тканях закрытой кожей культи, при отсутствии регенерации, нингидриновая реакция не дает положительных результатов. В тех же случаях, когда близ закрытой кожей раневой поверхности возникала бластема, участки старых тканей, прилегающие к ране, давали резко положительные реакции, даже через 20—21 день после операции.

Это позволяет думать о том, что, начиная с десятого—тринадцатого дня регенерации распад за регенератом связан не с отмиранием травма-

тизированных участков, а с гистолизом тканей остатка ампутированного органа, наступающим с возникновением бластемы.

Чтобы выяснить вопрос, имеет ли место усиленный белковый распад в первые дни регенерации, была проведена серия микроопределений остаточного азота в тканях регенерата у головастиков *Bombina bombina* через 2—3 дня после операции. Выяснилось, что имеет место повышение всего остаточного азота на 74.6% и аминного азота на 117%.

В итоге можно считать установленным, что, начиная с первых дней регенерации до тридцатого — тридцатьпятого дня в тканях остатка органа, расположенных за регенератом, имеет место повышенный белковый распад, который связан не только с травмой, но и с гистолитическими свойствами регенерационной бластемы.

Институт экспериментального морфогенеза.
Москва.

Поступило
2 III 1934.

BIOLOGIE

DIE HISTOLYTISCHEN EIGENSCHAFTEN DER REGENERATIONS-BLASTEME

Von V. ORECHOVIČ und N. BROMLEY

(Vorgelegt von A. Richter, Mitglied der Akademie, d. 2. III. 1934)

Bei der Regeneration der Organe von Amphibien verläuft die Wiederherstellung der verlorenen Teile parallel mit der Resorption der Restgewebe des entfernten Organs. Die Zerfallprozesse erstrecken sich bis auf erheblich von der Wundoberfläche entfernte Gebiete und währen einer geraumen Zeit (1—1 1/2 Monate bei Tritonen und Axolotlen) ([1, 2]).

Die Frage, mit welchen Momenten des Regenerationsprozesses die beobachtete Histolyse in Verbindung steht, bleibt bis heute noch offen. Einige Beiträge zur Lösung dieser Frage findet man in den vorhandenen Angaben über das physiologische Verhalten einzelner Gewebe im Wachstumsprozess in vitro.

Es ist bekannt, dass z. B., das in vitro wachsende Epithelium die Fähigkeit besitzt, die Eiweisse des Ernährungsmediums intensiv aufzulösen ([3, 4, 5]) und zugesetzte Stückchen von fremdem Gewebe ([6]) zu zerstören. Analoge Eigenschaften weisen unter gleichen Umständen auch die Leukozyten auf ([7, 8]).

Eine Gegenüberstellung der angeführten Tatbestände mit dem histologischen Bild der Regeneration berechtigt uns zur Vermutung, dass diese Gewebe (insbesondere das Epithelium) im Regenerationsprozesse auch dieselben Eigenschaften bekunden können. Es ist sehr möglich, dass der in den Geweben des nachgebliebenen Teiles des Organs beobachtete Zerfallprozess mit dem in unmittelbarer Nähe wachsenden Blastem in Verbindung steht. Das Vorhandensein histolytischer Eigenschaften im Regenerationsblastem wird indirekt durch die Angaben von Efimov und von Taube ([9, 10, 11]) bestätigt. Diese Autoren haben gezeigt, dass nach Bedeckung des regenerierenden Organs mit der Haut in einer Reihe von Fällen ein Durchbruch des Blastems durch eine unter dessen Einwirkung in der Haut entstandene Öffnung stattfand.

In dieser Arbeit stellen wir uns zur Aufgabe die Frage klarzulegen, ob wirklich der Zerfall, der bei der Regeneration in den Geweben des gebliebenen Organs stattfindet, zum benachbarten Blastem Beziehung hat. Die erste Stufe der Arbeit besteht in einer Aufklärung des histologischen Bildes der durchbrochenen Haut, welches die obenerwähnten Autoren beobachtet haben.

Zu diesem Zwecke wurde bei Axolotlen der Schwanz amputiert und nach Ablauf von 4—6 Tagen nach der Operation das sich entwickelnde Blastem mit einem Hautfetzen desselben Tieres überdeckt. Nach dem 12.—15. Tage, vom Momente der Amputation an gerechnet, war die angewachsene Haut an den Stellen, die unmittelbar mit dem Blastem in Berührung treten, verdünnt und innerhalb des Zeitraums vom 15. bis zum 25. Tage der Regeneration fand ein Durchbruch des Blastems nach aussen statt.

Die histologische Untersuchung erlaubt in einzelnen Fällen den Durchgang des Blastems durch die Haut zu beobachten. Es wurde nachgewiesen, dass die über dem Blastem befindliche Haut sich allmählich verdünnt, und eine Öffnung sich bildet, durch welche das Blastem nach aussen dringt. Zur Erklärung dieser Erscheinung können drei Annahmen gemacht werden.

1. Infolge des mechanischen Druckes, welchen das Blastem auf die Haut ausübt, findet ein Auseinandergleiten des Epithels statt, welches zu einer Verdünnung mit nachfolgendem Zerreissen führt.

2. Infolge von Verschlechterung der Ernährungsbedingungen stirbt die das Blastem überdeckende Haut ab und zerreisst.

3. Der Durchbruch der Haut steht in Beziehung mit der Fähigkeit des Blastems, die angrenzenden Gewebe zu histolysieren.

Die Unzulässigkeit der ersten Voraussetzung erhellt aus folgendem: Unter die Haut des Rückens eingepflanzte Glas- oder Paraffinperlen (Durchmesser etwa 2—5 mm) rufen eine Durchbohrung der Haut nur in seltenen Fällen hervor, wobei sich das histologische Bild des Durchbruchsorts scharf von demjenigen unterscheidet, welches wir beim Durchbruch des Blastems beobachten. Insbesondere findet eine allmähliche Verdünnung des Epithels überhaupt nicht statt.

Ausser Perlen wurden unter die Haut, sowohl an der Seite, als auch am Rücken des Axolotls die eigenen amputierten oder auch unabgetrennten Gliedmassen eingeführt. Ungeachtet dessen, dass in den genannten Fällen der Druck auf die Haut ungleich grösser war als der vom wachsenden Blastem ausgeübte, war nach Verlauf von $4^1/_2$ Monaten kein Durchbruch zu beobachten.

Dieselben Tatsachen veranlassen uns auch die zweite Annahme abzulehnen, da die Perlen und Gliedmassen überlagernde Haut, trotz der augenscheinlich abgeschwächten Ernährung, während der ganzen Versuchszeit immer ihr normales Aussehen bewahrte und Durchbrüche nur in sehr seltenen Fällen stattfanden.

So ist denn als die wahrscheinlichste die dritte Annahme hinzustellen, d. i. diejenige des Vorhandenseins eines vonseiten des wachsenden Blastems ausgehenden histolytischen Einflusses auf die Haut.

Da die Histolyse der Haut in den obenerwähnten Versuchen für uns nur als Spezialfall der Fähigkeit der Blasteme, den Zerfall der Gewebe von nachbleibenden Resten des amputierten Organs (unterliegende Gewebe) hervorzurufen von Interesse ist, wurde eine Versuchsserie unternommen, welche uns erlaubte, das Bild des Zerfalls in den unterliegenden Geweben aufzuklären.

Mit Hilfe der histologischen Methode, speziell der Ninhydrinreaktion, wurde eine Ansammlung von Produkten der Eiweisszerfalls in den hinter dem Regenerat gelegenen Geweben festgestellt. Eine für diese Stoffe charakteristische Färbung konnte in den unterliegenden Geweben vom 10.—30. bis zum 30.—35. Tage vom Momente der Amputation an gerechnet, beobachtet werden, welche wir aber weder im Blasteme, noch im stationären normalen Gewebe feststellen konnten.

Nun kann der beobachtete Zerfall sowohl vom Vorhandensein des Blastems, als auch vom aus dem Operationstrauma sich ergebenden Absterben der Gewebe in den Restbeständen des amputierten Organs abhängen. Um den wirklichen Sachverhalt festzustellen, wurden folgende Versuche ausgeführt: — Es ist bekannt ([9]), dass bei Bedeckung der Wundoberfläche mit der Haut eine Regeneration unmittelbar nach der Amputation niemals stattfindet, ein Wachstum des Blastems wird nicht beobachtet. Das gibt uns die Möglichkeit mittels Ninhydrinreaktion am Schwanzstumpf, welcher sofort nach der Amputation mit Haut bekleidet wurde, nachzuprüfen, wie lange in den Geweben der mit dem Trauma verbundene Zerfall fortdauert. Als Resultat der nach dieser Methode angestellten Versuche zeigte sich, dass 13—16 Tage nach der Operation bei Abwesenheit der Regeneration in den mit Haut bedeckten Geweben des Stumpfes die Ninhydrinreaktion keinen positiven Effekt ergibt. In den Fällen, wo nahe von der mit Haut bedeckten Wundfläche ein Blasten entstand, zeigten die Gebiete der der Wunde anliegenden alten Gewebe eine scharf ausgeprägte Reaktion, sogar noch 20—21 Tage nach der Operation.

Dieses erlaubt uns anzunehmen, dass vom 10.—13. Regenerationstage an der Zerfall der dem Regenerat unmittelbar anliegenden Gewebe nicht mit dem Absterben der traumatisierten Gebiete im Zusammenhange steht, sondern mit der Histolyse der Gewebe des Restes des amputierten Organs, welche bei der Entwicklung des Blastems entsteht.

Um die Frage aufzuklären, ob ein gesteigerter Eiweisszerfall in den ersten Tagen der Regeneration stattfindet, wurde eine Reihe von mikroanalytischen Bestimmungen des Reststickstoffs in den Geweben des Regenerats bei Kaulquappen (*Bombina bombina*) 2—3 Tage nach der Operation vorgenommen. Es zeigte sich, dass eine Zunahme des Reststickstoffes um 74.6% und des Aminstickstoffes um 117% stattfindet.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass von den ersten Tagen des Regenerationsprozessen an bis zum 30.—35. Tage in den dem Regenerat anliegenden Geweben der Restteile des amputierten Organs ein gesteigerter Eiweisszerfall stattfindet, welcher nicht nur mit den direkten Nachwirkungen des Trauma, sondern auch mit den histolytischen Eigenschaften des Regenerationsblastems in Zusammenhang steht.

Abteilung der Mechanik der postembryonalen Entwicklung des Instituts für experimentelle Morphogenese. Moskau.

Eingegangen d. 2. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — LITERATUR

[1] Астрахан. Материалы к изучению закономерностей в процессе регенерации. Москва, 1929. Astrachan. Beiträge zum Studium von Gesetzmässigkeiten im Regenerationsprozess (russ.). Moskau, 1929. [2] Barfurth. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 87, 1891. [3] N. Chlopin. Virch. Arch., 243, 378, 1923. [4] N. Chlopin. Virch. Arch., 252, 784, 1924. [5] F. J. Lang. Arch. f. exper. Zellforsch., Bd. 11, 112, 93, 1926. [6] Otto Kapel. Arch. f. exp. Zellfor., Bd. VIII, H. 1, 1929. [7] Al. Carrel. Journ. of Exp. Med., v. 36, 1923. [8] Al. Carrel. Pract. War. Acad. Sci., v. 9, 1923. [9] М. Ефимов. Журн. экспер. биологии, т. VII, вып. 3, 1931. M. Efimov. Journal f. experimentelle Biologie, Bd. VII, H. 3, 1931. [10] Erwin Taube. Arch. f. Ent. Mech. d. Org., Bd. 49, 1921. [11] Erwin Taube. Arch. f. mikr. Anat. u. Ent. Mech., Bd. 98, 1923.

Е. А. ШТЕРН и А. С. КРЕВИНСКИЙ

ДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛОВ НА РАССТОЯНИИ НА СТРОЕНИЕ И РАЗВИТИЕ *BACILLUS MYCOIDES* Fl.

(*Представлено академиком Г. А. Надсоном 7 III 1934*)

Настоящие опыты являются продолжением работ, опубликованных Г. А. Надсоном и Е. А. Штерн в 1932—1933 гг. ([1]). Напомним главнейшие их результаты. Чистые культуры дрожжей (*Saccharomyces cerevisae*) и бактерий (*Bact. prodigiosum* и *Bact. ponticum* Egor.) подвергались воздействию на расстоянии следующих металлов: магния, алюминия, никеля, меди, серебра, олова, золота, платины и свинца. Пластинки из этих металлов располагались на расстоянии 1—3 мм от культуры, будучи отделены от нее слоем воздуха. Опыты обнаружили угнетающее влияние металлов на развитие дрожжей и бактерий. Это влияние проявляется с особой закономерностью: оно тем сильнее, чем выше атомный номер металла.

Наши опыты велись с чистой, выделенной из одной клетки, культурой *Bacillus mycoides* Fl. В качестве питательного субстрата употреблялся обыкновенный щелочной мясо-пептонный бульон; *p*H—7.5.

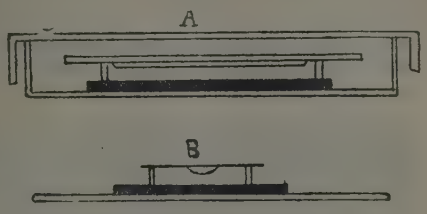
Опыты производились двумя способами.

1) Метод агаровых пластинок. Свинцовый кружок 5 см в диаметре 1 мм толщиной, тщательно вымытый и очищенный наждачной бумагой до блеска, прикрепляется ко дну чашки Петри (фиг. 1—А). К двум противоположным краям кружка прикреплялись деревянные брусочки высотой около 1 мм; затем на тщательно вымытое (водой, потом эфиром) предметное стекло выливался 1 см^3 расплавленного мясо-пептонного агара. После застывания края агаровой капли аккуратно подрезались стерилизованным ножом, так что получалась четырехугольная агаровая пластинка 4×2.5 см; толщина агарового слоя была около 0.5 мм. Пластинка засевалась (по типу гигантских колоний) одной каплей взвеси культуры *Bacillus mycoides* в стерилизованной водопроводной воде. Засеянное предметное стекло накладывалось на деревянные брусочки так, чтобы последние находились вне агаровой пластинки. Расстояние поверхности агаровой пластинки от поверхности металла было не более 0.5—0.7 мм. Обращалось особое внимание, чтобы не было нигде соприкосновения культуры с металлом. Контрольное предметное стекло с культурой на агаре накладывалось на брусочки, лежавшие непосредственно на стеклянном дне чашки. Чашки закрывались крышкой и ставились в термостат при 22—24° С. Все опыты велись в темноте. (Схема монтировки опытов см. фиг. 1—А. Металлический кружок нарисован черным.)

Для микроскопического исследования предметное стекло с культурой снималось, а затем возможно более осторожным прикосновением чистого покровного стеклышка к поверхности гигантской колонии переносился на стеклышко самый поверхностный слой клетки, и получался таким образом как бы отпечаток этого слоя на покровном стекле, который и рассматривался потом в капле воды под микроскопом. Последовательным приготовлением целой серии таких отпечатков можно было промикроскопировать колонию послойно, что очень важно при изучении действия металла, так как действие это повидимому не идет глубоко и задерживается уже несколькими слоями микробных тел.

Такого рода опытов нами было поставлено около 70.

2) Метод висячей капли. На предметное стекло наклеивался тщательно вымытый и очищенный наждачной бумагой свинцовый кружок 2.5 см в диаметре (фиг. 1—В,—обозначен черным). В опытах с платиной употреблялась крышка платинового тигля, в опытах с золотом — золотая монета (оба последние металла перед опытом только вымывались водой с мылом, но не чистились наждачной бумагой.) К металлической пластинке (кружку) примазывалось вазелином стеклянное колечко высотой 2 мм и диаметром 1.8 см; на колечко снова на слой вазелина накладывалось покровное стекло с висячей каплей бульонной взвеси *Bac. mycoides* и плотно прижималось к колечку. Таким образом получалась замкнутая влажная камера с металлическим дном (фиг. 1—В). Контрольная такая же камера имела стеклянное дно. Капли в каждой серии опытов делались по возможности одинаковой величины и формы. Для микроскопирования капли покровное стекло осторожно переносилось временно на обычное предметное стекло с углублением. Всего было поставлено около 20 серий таких опытов, и все они дали совершенно согласные между собой результаты.



Фиг. 1. — Fig. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТОВ

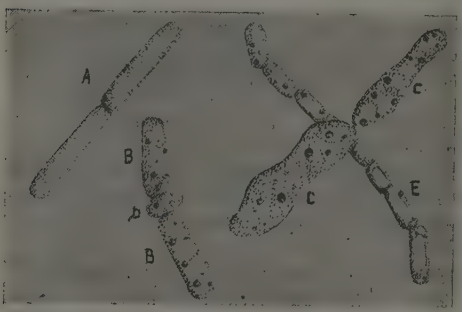
1. Метод агаровых пластинок. Угнетающее влияние металлов на развитие гигантской колонии *Bac. mycoides* замечается уже через сутки: макроскопически оно проявляется в отставании роста опытной колонии по сравнению с контрольной. На 2—3 сутки действие свинца сказывается еще более резко: контрольная колония имеет густо разросшуюся центральную, более или менее округлую часть, от которой отходят сравнительно немногочисленные, густые толстые отростки, тогда как в опытной колонии центральная часть менее густая, а отростки тонкие, не столь ясные. В следующие дни различие между опытной и контрольной колонией несколько сглаживается. При очень густой взвеси действие металла часто незаметно; вообще, чем сильнее разводится посевной материал, тем резче видна разница в величине опытной и контрольной колоний.

При увеличении расстояния между колонией и металлом более, чем 1 мм, эффект действия металла почти совершенно сводится на нет. Ежедневная очистка металлической пластинки наждачной бумагой несколько усиливает эффект действия. При микроскопировании влияние металла ясно сказывается на 2—3 сутки. При удачном приготовлении препарата (очень важно захватить самый поверхностный слой клеток) в первом отпечатке на стеклышке, среди некоторого количества нормальных клеток, видны также утолщенные и укороченные, часто почти округлые клетки; клетки эти обнаруживают мелкую зернистость и наполнены каплями жира. Встречаются также вакуолизированные клетки и клетки-тени, сохранившие только одну оболочку. Спорулирующих клеток в этом слое совершенно нет. В таком же отпечатке из контроля споры наблюдаются уже в значительном количестве. Даже на 5—6 день развития в по-

верхностном слое опытной колонии в огромном большинстве опытов нельзя было найти спор. К этому сроку в отпечатке из контроля споры находятся уже почти во всех клетках. Во 2—3 отпечатках, содержащих более глубокие слои клеток, разница с контролем уже постепенно сглаживается, но спорообразование все-таки несколько отстает.

2. Метод висячей капли. При применении этого метода действие металлов сказывается еще более резко. Колонии в висячих каплях, подвергнутые действию свинца, значительно отличаются по размерам от контрольных. Вот, как пример, размеры колоний на мясо-пептонном бульоне (среднее из 6 опытов): контроль — 9.4 мм², опытная — 4.8 мм².

В то время как контрольная колония в большинстве опытов равномерно разрастается по всей капле бульона, опытная занимает большей частью только центральную часть капли и представляет собой очень густую плотную сеть клеток. Под влиянием свинца клетки, особенно находящиеся ближе к периферии колонии или лежащие у края капли, начинают уже по прошествии первых суток сильнее преломлять свет, значительно раздуваются, приобретают мелкую зернистость и содержат многочисленные мелкие жировые капельки (фиг. 2—B; A — клетки контроля). Нередко эти периферические клетки приобретают самые причудливые очертания и превращаются в различные involюционные формы (фиг. 2—C). Оболочка клеток иногда утолщается. Наблюдается также неравномерное замедленное деление, вследствие чего в цепочке, на ряду с клетками в 2—5 μ длиною, образуются уродливые клетки, иногда едва достигающие 0.5 μ (фиг. 2—D). С другой стороны некоторые клетки достигают значительно больших размеров, чем контрольные. Иногда оболочка клетки исчезает, и остается только протоплазма, переполненная каплями жира. Нередко наблюдаются сильно вакуолизированные клетки, содержащие жировые включения (фиг. 2—E).



Фиг. 2. — Fig. 2.

Все описанные изменения наблюдаются большей частью только в периферической части колонии, тогда как на периферии контрольной колонии такие клетки ни в одном из опытов не наблюдались. В центральной части колонии, среди некоторого количества раздутых, переполненных жиром, клеток, находятся также более или менее нормальные клетки. Задержка споруляции проявляется здесь значительно демонстративнее, чем при применении метода агаровых пластинок.

Несколько слабее действие свинца, не подвергавшегося очистке наждачной бумагой: в этом случае редко наблюдается сильная степень дегенерации клеток, а к спорообразованию приступает большое количество клеток, но все же разница между опытной культурой и контрольной значительна (различие в действии очищенного и неочищенного свинца, повидимому, объясняется тем, что свинец сравнительно легко окисляется на воздухе и при наличии влаги переходит в гидрат окиси). Таким обра-

зом в неочищенном свинце действуют уже не Pb, а образовавшиеся на его поверхности окислы—PbO, $Pb(OH)_2$.

Золото и платина по характеру своего действия (дегенерация и инволюция клеток, задержка спорообразования и т. д.) сходны со свинцом, но действуют значительно слабее.

Несколько опытов было нами поставлено также с пластинкой из чистого магния. Действие магния на расстоянии на бактериальную клетку оказалось настолько ничтожным, что вообще мы не могли учесть его при применении нашей методики.

Таким образом, две вышеописанные методики дали совершенно согласные между собой результаты:

1) тяжелоатомные металлы действуют на расстоянии угнетающе на развитие *Bacillus mycoides*.

2) Действие проявляется на весьма незначительном расстоянии (не более 0.5—1 мм при применении метода агаровых пластинок и 2 мм при культивировании в висячей капле) и захватывает только самый поверхностный слой микробов в колонии.

3) Тяжелоатомные металлы угнетающе действует на спорообразование, приводя клетки к инволюции и перерождению.

4) По силе своего действия металлы располагаются в порядке их атомных номеров таким образом:

$$Pb\,(82) > Au\,(79) — Pt\,(78) > Mg.$$

В заключение выражаем горячую признательность академику Г. А. Надсону за предложенную тему и общее руководство работой.

Микробиологическая лаборатория
Государственного рентгенологического
и радиологического института.
Ленинград.

Поступило
7 III 1934.

MICROBIOLOGIE

L'ACTION DES MÉTAUX À DISTANCE SUR LA STRUCTURE ET LE DÉVELOPPEMENT DE *BACILLUS MYCOIDES* FL.

Par C. STERN et A. KRIVISKIJ

(*Présenté par G. Nadson, de l'Académie, le 7. III. 1934*)

Les recherches de Nadson et Stern (1) établissent que des disques en métal, en agissant à distance (1—2 mm) sur des cultures de bactéries et de levures, tuent une partie de ces microbes et modifient les propriétés des autres; cette action est d'autant plus forte que le numéro atomique du métal est plus élevé. Les expériences que nous avons exécutées sous la direction du Prof. G. Nadson ont développé cette question et confirmé les résultats antérieurs.

Nous avons procédé de la façon suivante (Fig 1-B). Une suspension de *B. mycoides* est placée en gouttes pendantes dans une microchambre humide; la lamelle couvre-objet qui porte la goutte pendante est maintenue par un anneau en verre de 2 mm de hauteur; cet anneau est placé sur une plaque de plomb, de telle sorte que les bactéries se trouvent à une distance

de 2 mm environ du métal. L'expérience témoin est effectuée dans une chambre humide analogue avec un fond en verre.

Dans quelques essais, la plaque de plomb est remplacée par des plaques en or ou en platine. D'autre part, des essais analogues ont été faits avec des cultures de *B. mycoides* sur gélose; dans ces essais on a fait agir le plomb à une distance de 1 mm (Fig. 1—A).

Voici les résultats enregistrés:

1) Les colonies de *B. mycoides* ayant subi l'influence du plomb sont nettement plus petites que les colonies témoins. Ainsi, par exemple, la surface moyenne des colonies ayant subi l'influence du métal est de 4,8 cm^2, alors que celle des colonies témoins est de 9.4 cm^2. Le plomb, en agissant à distance, diminue ainsi d'une façon très nette les dimensions des colonies.

2) Les cellules de *B. mycoides* subissent, sous l'influence de l'action du plomb, des altérations morphologiques profondes (dégénérescence graisseuse et granuleuse, ainsi que des phénomènes d'involution). On observe, en outre, un retard très net dans la sporulation. L'or et le platine agissent de la même façon, mais l'action de ces métaux est bien moins intense que celle du plomb. Le magnésium métallique n'exerce aucune action sensible.

Ces essais montrent que les métaux se groupent, ici encore, quant à leur action sur les bactéries, dans l'ordre de leurs numéros atomiques, c'est-à-dire dans l'ordre suivant:

$$Pb > Pt - Au > Mg$$

Explication des figures (pp. 255, 256)

Fig. 1—A. Un disque de plomb (marqué en noir) est placé dans une boîte de Pétri; sur ce disque est posé un anneau en verre portant une lamelle couvre-objet; à la surface inférieure de celle-ci se trouve une mince couche de gélose nutritive sur laquelle se développe le *B. mycoides*.

Fig. 1—B. Sur un disque de plomb (marqué en noir) est placé un anneau en verre et sur ce dernier une lamelle couvre-objet avec une goutte suspendue.

Fig. 2—A. Cellules „normales", témoin; sous l'action du disque de plomb les cellules manifestent différents écarts dans leur structure et leur développement: division anormale (D), modifications de la forme et de la grandeur de la cellule (B, E), lipophanérose pathologique (C), vacuolisation considérable (E). Culture de 36 heures dans une goutte suspendue. Grossissement d'environ 2000.

Laboratoire microbiologique
de l'Institut de Roentgenologie et Radiologie
de Leningrad.

Manuscrit reçu
le 7. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА—LITTÉRATURE CITÉE

Г. А. Надсон и Е. А. Штерн. ДАН-А, 1932, № 14. G. Nadson et C. Stern. Centrbl. f. Bacter., II Abt., Bd. 88, 1933, S. 320; C. R., t. 194, 1932, 1597, 2229.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗООЛОГИЯ

Академик Н. В. НАСОНОВ

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ВЛОЖЕНИИ ПОД КОЖУ РАЗРУШЕННОЙ РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ ПОЧКИ У АКСОЛОТЛЯ

В 1928 г. в „Трудах третьего всероссийского съезда зоологов" (стр. 43) было напечатано краткое изложение доклада, сделанного мною на этом съезде под названием „Выращивание повторных органов (конечностей *Amphibia*) путем наложения лигатур". В этом изложении между прочим говорится, что „разрушенная живая почка части ножки, вложенная под кожу, на ножке дает повторный орган".

Повторными органами я называл такие, которые могут появляться на теле животного, дублируя уже имеющиеся органы в той или другой степени развития. Они могут появляться вследствие различных причин: те, которые появляются как результат нанесения ран, носят название у немецких авторов Doppel- oder Mehrfachbildungen, но они могут образоваться не только вследствие нанесения наружных ран (Пржибрам, Пуппе), но и при наложении лигатур (Насонов) или вместе с тем нанесении внутренних ран (Делла Валле).

В моем вышеупомянутом докладе сказано, что при вложении разрушенной регенерационной почки части ножки в бок тела нельзя вызвать повторного органа. В настоящее время я пришел к заключению, что можно получить добавочные конечности при вложении под кожу разрушенной регенерационной почки в этом месте.

Кроме того я получил дополнительно некоторые результаты, которые излагаю в настоящем кратком сообщении. В более полном виде они будут напечатаны в „Трудах Лаборатории экспериментальной зоологии Академии Наук СССР".

Продолжая свои исследования по выявлению добавочных органов после упомянутого выше доклада на III Всероссийском съезде зоологов в 1927 г., я получил следующие результаты. Появление формообразований при вложении разрушенных* регенерационных почек различного возраста под кожу головы и хвостовой области тела мною никогда не наблюдалось. При вложении их под кожу в бок и в различных местах ножек добавочные органы образовались лишь тогда, когда регенерационная почка была в возрасте 8—17 дней, иначе говоря, когда она была в стадии бластемы и конуса. Если вложение было сделано близко к краю раны, которая делалась на коже при прорезе ее для вложения почки, то повторный орган выходил на месте раны, затянутой эпителием.

Если вложение было сделано в области кисти или ступни (автоподиум), то образовались только пальцы от одного до пяти. Иногда отдельные пальцы были сильно недоразвитыми и имели вид пальцевидных выростов с хрящем внутри еще не дифференцированного на фаланги. В большинстве случаев в них можно было различить обособленные фаланги.

* Почки при этом измельчались при помощи скальпеля, и полученные части их перемешивались. При вложении почек под кожу обращалось особое внимание на то, чтобы лежащие под кожей мускулы и части скелета не были затронуты, так как при поранении их могут образоваться добавочные ножки, как результат разрушения их тканей.

Если вложения на передних ножках были сделаны в области предплечья (зейгоподиум), то кроме пальцев в различном числе и в различной степени развития я здесь мог наблюдать элементы предплечья и кисти. В скелете его можно было видеть четыре пальца с 1—3 фалангами, сросшиеся между собой metatarsalia и tarsalia, а также хорошо развитые ulna и radius, расщепленный на двое. Подобного рода неправильности, особенно сращения и недоразвитие отдельных частей скелета, наблюдаются при параличе ножек во время развития, как например, при разрушении спинного мозга в той области, от которой отходят двигательные нервы в ножку (Брунст). Образовавшиеся на зейгоподиуме пальцы есть основание считать за недоразвитые добавочные образования, подобные тем, которые мы видим в субрегенератах.

Повидимому, в образовавшуюся конечность, дублирующую предплечье и кисть, не входит двигательный нерв, так как движения ее никогда не наблюдалось ни в целом, ни по частям, хотя имеются в ней мускулы, прикрепляющиеся одним концом к radius и ulna, а с другой к пальцам.

На разрезах можно убедиться, что скелет добавочного образования не входит в соприкосновение со скелетом животного и отделен от него слоем мышц, на которых не наблюдается следов повреждений. Регенерационные почки, вложенные в область плеча или бедра (стилоподиум), образуют добавочные конечности, воспроизводящие дистально расположенные части ножки, причем, также как в предыдущих случаях, наблюдается сращение или недоразвитие отдельных частей. На задних ножках в добавочной конечности я наблюдал образование 3 пальцев с 2—3 фалангами, один хрящ слившихся или не вполне развитых tarsalia и metatarsalia, а также tibia и fibula, сросшиеся вместе, но не на всем протяжении. На дистальном конце они разделены. Что касается femur, то он недоразвит и имеет вид овальной небольшой косточки, сросшейся с tibia и fibula но ясно отграниченной от них. На другой добавочной ножке задней конечности скелет был более недоразвит, а именно tibia очень маленькая, развившаяся отдельно от fibula; пальцев три с одной фалангой каждый.

На передней конечности в области плеча я наблюдал добавочную конечность с двумя пальцами, которые имели по три фаланги. Остальные части скелета были построены также как в предыдущем случае, когда можно было различить femur и слившиеся tibia и fibula.

Таким образом, и в этих случаях на плече и бедре появившиеся добавочные конечности дублируют все лежащие дистально части ножки в несколько измененном виде при наличии некоторого недоразвития и сращения. В других случаях добавочные образования на стилоподиуме могут быть более недоразвиты, как это имеет место при субрегенерации.

Величина добавочных конечностей меньше, чем величина той части ножки, которую они дублируют. Они особенно относительно малы на плече и бедре. Долина их равна здесь снаружи до 1.2 см. Часть скелета предплечья и голени, а также небольшое бедро и плечо скрыты под кожей.

Что касается мышц, то они имеются приблизительно в таком же виде, как у рассмотренной добавочной конечности на предплечье ножки, только на плече ее они менее развиты, и в обоих случаях одним концом прикрепляются к слившимся tibia и fibula или radius и ulna.

Добавочные ножки также и здесь не производят никаких движений. При пропускании гальванического тока через добавочную ножку с двумя

пальцами, находящуюся на плече, лишь отводится в сторону один палец, что указывает на то, что здесь имеются только мускулы, прикрепляющиеся одним концом к сращенным ulna и radius, а другим к одному из пальцев. Сгибание фаланг пальцев совсем не происходит.

При пропускании электрического тока через всю ножку хозяина никаких движений не происходит в добавочной ножке. Повидимому, здесь также, как в предыдущих случаях, двигательный нерв не дает ветви в добавочную ножку. Это подтверждается тем, что я не мог найти на разрезах добавочных ножек вхождения в них нерва. Чтобы окончательно убедиться в отсутствии нерва в настоящее время производится исследование другими методами.

Как мы видели, добавочные образования появляются в различной степени развития в одной и той же области ножки. Повидимому, это зависит от того, насколько полно была вложена почка, насколько мешала ее развитию покрывавшая ее кожа и т. п. Но если мы рассмотрим строение наиболее развитых добавочных образований, то получим указание на то, что оно определяется повидимому тем местом, на котором они образовались. Если мы возьмем регенерационную почку после ампутации стилоподиума, то добавочные части, образовавшиеся на стилоподиуме, модут носить элементы всей ножки; те, которые образовались на автоподиума, и, наконец, те, которые образовались на автоподиуме, могут обладать элементами его же. В этом нельзя не найти сходства с образованием регенерата при ампутации части конечности, когда строение регенерата в окончательном виде является заменой утраченной части, в какой бы области ножки ни была произведена ампутация.

Что касается до положения плоскостей добавочных образований, то сагитальные плоскости этих образований и ножек не всегда совпадают, а стоят под некоторым углом друг к другу, и продольная ось их направлена вперед и в сторону относительно продольной оси ножки.

Относительно вложения разрушенных регенерационных почек под кожу туловища, нужно отметить, что при вложении их вблизи основания ножек и несколько выше линии, соединяющей ножки, могли образоваться в той или другой степени развитые ножки. Наиболее развитая добавочная конечность имела четыре пальца, из которых два крайние срослись вершинами. Сращение костей скелета в про- и зейгоподиуме те же, что у добавочных образований, выросших на стилоподиуме ножек хозяина. Стилоподиум более развит и мускулы прикрепляются также к femur (humerus). Я предполагаю, что здесь произошло поранение мускулов туловища при вложении разрушенной почки. Движения этих ножек не наблюдалось.

Лаборатория экспериментальной зоологии Академии Наук.
Ленинград.

Поступило
23 III 1934.

EXPERIMENTAL ZOOLOGY

FORMATION PRODUCED IN THE AXOLOTL BY THE SUBCUTANEOUS INSERTION OF A DESTROYED REGENERATION BUD

By N. NASONOV, Member of the Academy

In 1928 in the Proceedings of the Third All-Russian Congress of Zoologists (p. 43) appeared a short abstract of my paper read at that Congress under the heading 'The Breeding of Reiterated Organs (Extremities

of Amphibia) by Ligatures'. Mention is made in that abstract that 'a destroyed living bud of a part of a limb when inserted subcutaneously produces a duplicate organ on the limb'.

Under the name of reiterated (duplicate) organs I understood such organs which might appear on the body of an animal duplicating already existing organs with a greater or less degree of development. Such organs might appear from different causes. Those which appear as the result of wounds inflicted are called by German authors *Doppel- oder Mehrfachbildungen*. But their appearance may be caused not only by surface wounds (Przibram, Puppe), but also by the application of ligatures (Nasonov) or a simultaneous infliction of internal wounds (Della Valle).

It was said in my above mentioned paper that it is impossibls to produce a duplicate organ by subcutaneous insertion of a destroyed regeneration bud of a part of a limb into the side of the body. But I have now come to the conclusion that duplicate extremities can be produced by subcutaneous insertions into the side of the body of a destroyed regeneration bud.

Moreover, I have attained some additional results which I shall briefly state in the present paper. They will be printed in full in the Journal of the Laboratory of Experimental Zoology of the USSR Academy of Sciences.

Continuing my investigations of duplicate organs after my above mentioned paper read at the Third All-Russian Congress of Zoologists in 1927, I attained the following results. When destroyed regeneration buds* of different ages were subcutaneously inserted into the head or the tail region of the body, the formation of organs was never observed to occur. When they were subcutaneously introduced into the sides or into different parts of the limbs, duplicate organs were formed only if the regeneration bud was 8—17 days old, i. e. if it was in the blastemic and conic stage. If the insertion was made near the edge of the incision made in the skin for the insertion of the bud then the duplicate organ appeared on the site of the incision filled in by epithelium.

If the insertion was made in the region of the palm or sole (autopodium), then only digits formed, from one to five in number. Sometimes individual digits remained considerably undeveloped and had the form of digitlike outgrowths with a cartilage undifferentiated into phalanges. But in the majority of cases differentiated phalanges could be distinguished.

If the insertion in the front limbs was made in the region of the forearm (zygopodium), then besides varying numbers of digits and various degrees of their development I could likewise observe elements of the forearm and palm. Four digits could be distinguished in the skeleton having 1—2 phalanges, with fused metatarsalia and tarsalia and with well developed ulna and radius split in two. Such irregularities, especially fusion and underdevelopment of individual parts of the skeleton are to be observed in cases of the paralysis of the limbs during development, as for example in case of the destruction of the spinal cord in the region where the motor nerves branch off to the limbs (Brunst). There is reason to consider the digits formed on the zygopodium as underdeveloped additional formations similar to those found in subregenerates.

* The buds were cut up by a scalpel into particles, which were then mixed together. In inserting them subcutaneously special care was taken not to injure the muscles and skeleton parts underlying the skin, for their lesion might cause the growth of duplicate limbs as a result of the destruction of their tissues.

Evidently the motor nerve does not enter into the newly formed extremity duplicating the forearm and palm, for no movement is ever to be observed in it as a whole or in any parts of it, although it has muscles attached by their one end to the radius and ulna and by the other to the digits.

Sections made demonstrate that the skeleton of the additional formation does not come into contact with the skeleton of the animal from which it is separated by a layer of muscles in which no traces of lesion are to be detected. Regeneration buds inserted in the region of the upper arm or thigh (stylopodium) also form additional extremities reproducing the distal parts of the limb. Here likewise fusion and underdevelopment of individual parts are observed to occur. I have observed in the additional extremity on the hind limbs the formation with 3 digits of 2—3 phalanges, one cartilage of fused or not fully developed tarsalia and metatarsalia, and also fused tibia and fibula, but not along their whole length. They are divided at the distal extremity. As for the femur it is underdeveloped and has the form of a small oval bone fused with the tibia and fibula but clearly distinguishable frem them. The skeleton was still more underdeveloped on the other additional hind limb, for the tibia was very small, developed separately from the fibula, and the three digits had only one phalanx each.

I observed an additional extremity with two digits of three phalanges each on the front limb in the region of the upper arm. The other parts of the skeleton were built as in the preceding case, where the femur and the fused tibia and fibula could be distinguished.

Thus, in these cases also we have additional extremities formed on the upper arm and thigh that duplicate all the distal parts of the limb in a somewhat modified form in the case of a certain underdevelopment and fusion. In other cases the secondary formations on the stylopodium may be still more underdeveloped, as for instance in subregeneration.

The size ef the additional extremities is smaller than that part of the limb which they duplicate. They are particularly small on the upper arm and thigh. Their external length reaches up to 1.2 cm. Part of the skeleton of the forearm and leg, as also a small thigh and upper arm, are concealed under the skin.

As for the muscles, they have approximately the same form as in the additional extremity on the forearm of the front limb already described, only they are less developed and in both cases are attached by one of their ends to the fused tibia and fibula or radius and ulna.

These additional limbs here also do not show any movement. On passing a galvanic current through the additional limb with two digits only one of the digits moved aside. This proves that here we have only muscles attached by their one end to the fused ulna and radius and by the other to one of the digits. No bending of the phalanges of the digits was observed to occur.

On passing a galvanic current through the whole extremity of the host no movements whatsoever occur in the additional extremity. This is confirmed by the fact that I could not detect the presence of nerves on sections of the additional extremities. Investigations are now being carried on by other methods to confirm definitively the absence of nerves.

As we have seen, additional formations appear in one and the same region of the limb in different stages of development. This evidently depends on how completely the bud was inserted and on how much the

overlying skin hindered its growth, etc. But when we study the structure on the best developed additional formations, we find indications that this evidently depends on the place of growth. If we take a regeneration bud after an amputation of the stylopodium, then the additional parts produced on the stylopodium may include all the elements of the extremity; those that have formed on the zygopodium will include elements of the zygopodium and autopodium, and, lastly, those that grow on the autopodium will include only its elements. This is similar to the formation of a regenerate on the amputation of a part of an extremity when the structure of the regenerate in its final form serves as a substitute of the lost part in whatever region of the extremity the amputation was made.

As for the orientation of the additional formations, it was observed that the sagittal planes of these formations and of the extremities do not always coincide, but are at an angle to each other, and that their longitudinal axis is directed forward and obliquely in relation to the longitudinal axis of the extremity.

It must be observed concerning the subcutaneous insertion of destroyed regeneration buds into the body of the animal, that when such an insertion is made near the base of the extremities and a little above the line connecting them, extremities of different degrees of development might form. The best developed additional extremity had four digits of which the two outer ones were fused in their upper part. The fusions of the skeleton bones in the pro- and zygopodium were the same as in the additional formations developed on the stylopodium of the host's limbs. The stylopodium is more developed and the muscles are also attached to the femur (humerus). I suppose that in this case the muscles of the body were injured during the insertion of the destroyed bud. These extremities did not show any movement.

Laboratory of Experimental Zoology
of the Academy of Sciences.

Received
28. III. 1934.

ЗООЛОГИЯ

Л. С. БЕРГ

ЗАМЕТКА О CULTER RECURVICEPS (RICH.) (CYPRINIDAE)

(Представлено академиком С. А. Зерновым 26 III 1934)

Leuciscus recurviceps описан Ричардсоном в 1846 г. по китайскому рисунку, и относительно него можно сказать только то, что он принадлежит к роду *Culter* Basilewsky или к роду *Erythroculter* Berg. Рыба, определенная Гюнтером [1] как *Culter recurviceps* (Rich.), имеет киль за брюшными плавниками, *A* 28, l. l. 70, рот почти вертикальный, вся длина 15 см, глаз $3^1/_2$ раза в длине головы. Возможно, что это синоним описанных Блеекером [2] из Ян-цзы-цзена *C. dabryi* (l. l. около 65, *A* III 28) или *C. hypselonotus* (l. l. 65, *A* III 25) или *C. oxycephalus* (l. l. около 65 *A* III 25), как предположил Никольс [3]. Три названных вида Блеекера, возможно, представляют лишь один вид (Рендаль, Никольс), простирающийся на север до бассейна Уссури [*Erythroculter oxycephalus* Берг [4], l. l. 65—66, *A* II—III 27—28]*. Если действительно *C. dabryi* = *C. hypselonotus* = *C. oxyce-*

* Единственный экземпляр из оз. Ханка (№ 12509), исследованный мною, имеет 4 + 16 жаберных тычинок на первой дуге; самая длинная около половины диаметра глаза.

phalus, то этот вид должен носить название *Erythroculter dabryi* (Bleeker) 1871. Рыба из Чемульпо (Корея), которую упоминают Джордан и Старкс ([6]) под именем *Culter recurviceps*, возможно, тоже есть *E. dabryi*. *C. recurviceps* Evermann et Shaw ([7]) из Нанкина имеет, согласно описанию, *A* 28, l. l. $48^{12}/_{9}$; это, судя по числу продольных рядов чешуй, опечатка вместо 68. Если так, то и эта форма представляет *E. dabryi*. Чанг ([8]) из того же места упоминает *C. recurviceps* с $63^{10}/_{7}$ чешуями.

В 1928 г. Ш. Танака ([9]) описал под именем *Culter recurviceps* весьма характерную рыбу с Формозы: *D* II 7, *A* III 22, l. l. $60\frac{10^{1}/_{2}}{5}$, жаберных тычинок 3 + 10, киль только за брюшными плавниками, глаза большие, больше рыла и межглазничного промежутка, 3.04 в длине головы; вся длина 192 мм. Эта рыба отличается от всех других *Erythroculter* своими крупными глазами, и я предлагаю для нее название *Erythroculter macrophthalmus* Berg, nom. nov. (местное название ее „medama", что значит глазное яблоко). Ближайший родственник *E. macrophthalmus* это *E. wangi* Tchang ([10]) из Сы-чуаня, у которого l. l. $60^{9}/_{5}$, *A* III 19, глаза 4 раза в длине головы, рыло 3 раза в длине головы, длина до основания хвостового плавника 160 мм. Отличием от *E. macrophthalmus* является сравнительно небольшой глаз.

Несколько слов о *C. recurviceps* Рендаля (1928). Его экземпляры из „Anhui, Tang-tu-hsien" и из Нанкина представляют, повидимому, *E. dabryi*, но из синонимов, приводимых Рендалем, следует исключить *Culter alburnus* Bas., *C. brevicauda* Günther и *C. tientsinensis* Abbott. Как указано мною в 1909 г. ([12]), тип *Culter alburnus* Bas. (№ 5585) имеет киль на всем брюхе от грудных плавников; *C. brevicauda* Günther и *C. tientsinensis* Abbott есть синонимы *C. alburnus* Bas. *C. kashinensis* Shaw 1930 близок к *C. alburnus* Bas., но имеет более короткий анальный плавник (*A* II 21).

Зоологический институт
Академии Наук.
Ленинград

Поступило
26 III 1934.

ZOOLOGY

NOTES ON CULTER RECURVICEPS (RICH.) (CYPRINIDAE)

By L. BERG

(*Communicated by S. Zernov, Member of the Academy, 26. III. 1934*)

Leuciscus recurviceps was described by Richardson in 1846 from Canton after a Chinese drawing and is unidentifiable. A fish from China determined by Günther ([1]) as *Culter recurviceps* Rich., is characterized by him as follows: a postventral keel only, *A* 28, l. l. 70, mouth subvertical, total length 15 cm, eye $3^{1}/_{2}$ in head. It may correspond to forms described by Bleeker ([2]) from the Yangtze-kiang as *Culter dabryi* (l. l. about 65, *A* III 28), or *C. hypselonotus* (l. l. 65, *A* III 25), or *C. oxycephalus* (l. l. about 65, *A* III 25), as suggested by Nichols ([3]). The three above named Bleeker's species may represent but one form (Rendahl, Nichols), extending north to the basin of the Amur [Lake Chanka or Hanka in the Ussuri basin, described by me as *Culter* (*Erythroculter*) *oxycephalus* ([5]), l. l. 66, *A* III 27].* If really *C. dabryi* = *C. hypselonotus* = *C. oxycephalus*, this species may stand as *Erythroculter dabryi*. The fish mentioned by Jordan and Starks ([6]) from Chemulpo, Corea, as *Culter recurviceps* may be *E. dabryi*.

* The single specimen from Hanka Lake (No 12509) examined by me has 4 + 16 gill rakers on the first arch, the longest rather more than half diameter of eye.

Culter recurviceps Evermann and Shaw (7) from Nanking is described as having *A* 28, l. l. $48^{12}/_{9}$; this is a misprint for 68 to judge from the number of longitudinal rows of scales. If so, this species corresponds to *E. dabryi*. Tchang (8) mentions from the same locality a *Culter recurviceps* with $63^{10}/_{7}$ scales.

In 1928 Sh. Tanaka (9) described under the name of *Culter recurviceps* (Rich.) a very characteristic fish from Formosa, which I believe to be a new species. I propose for it the name *Erythroculter macrophthalmus* Berg, nom. nov. The characters of this species are described by Tanaka as follows: *D* II 7, *A* III 22, l. l. $60\frac{10^1/_2}{5}$, gill rakers 3 + 10, belly keeled only behind ventrals, pharyngeal teeth 1. 4. 5—2 (a misprint for 4?) 3.2, mouth subvertical, eye large, larger than snout, larger than interorbital space, 3.04 in head, pectorals not reaching ventrals, depth of body 3.7 in its length without caudal, total length 192 mm.

This species differs from all other *Erythroculter* by its large eyes (its local name is 'medama', which means the eye ball).

The nearest ally of *E. macropthalmus* is *E. wangi* Tchang (10) from Szechwan, which has l. l. $60^{9}/_{5}$, *A* III 19, eye 4 in head, snout 3, length to base of caudal 160 mm. It differs from *E. macrophthalmus* in having a small eye. Some words about *Culter recurviceps* of Rendahl (11) may be added. His specimens from 'Anhui, T'ang-tu-hsien' and from Nanking seem to represent what we designate as *E. dabryi*, but *Culter alburnus* Bas., *C. brevicauda* Günther, and *C. tientsinensis* Abbott must be removed from the synonymy. As indicated by me in 1909 (12), the type specimen of *Culter alburnus* Basilewsky, described from rivers near Tien-tsin, is preserved in the Museum of Zoology, Academy of Sciences, No 5585; total length 325 mm, anal with more than 25 divided rays, l. l. $70^{13}/_{6}$, a naked keel from the beginning of pectorals to the vent. *Cultur brevicauda* Günther (*A* 28—29, l. l. 65) from Formosa and *C. tientsinensis* Abbott (*A* 28, l. l. 60) from Tien-tsin are synonyms of *C. alburnus* Bas. *C. kashinensis* Shaw [from Ka-shing, Chekiang, *A* II 21, l. l. $72^{11}/_{8}$ (13); from Soochow, *A* II 21, l. l. 75 (14)] is near to *C. alburnus*, but has fewer anal rays.

I take the opportunity to note that the type specimens of *Culter mongolicus* Basilewsky [= *Erythroculter mongolicus* (Bas.)] are also preserved in the Museum of Zoology, Academy of Sciences [No 2950 and 2951 (15)]. It is a very characteristic species, common in the Amur basin, but occurring also both in North and South China (16).

Zoological Institute
of the Academy of Sciences. Leningrad.

Received
26. III. 1934.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА — REFERENCES

1 Günther. Cat. Fish., VII, 1868, p. 328. 2 Bleeker. Verhand. Akad. Wetensch. Amsterdam, XII, 1873. 3 Nichols. Peking Nat Hist. Bull., V, 1930—31, p. 21. 4 Берг. Рыбы пресных вод СССР, I, 1932, стр. 518. 5 Berg. Ichthyologia amurensis. 1909, p. 142. 6 Jordan and Stark. Proc. U. S. Nat. Mus., XXVIII, 1905, p. 201. 7 Evermann and Shaw. Proc. Calif. Acad. Sci. (4), XVI, 1927, p. 105. 8 Tchang. Cyprinidés du Bassin du Yangtze. Paris, 1930, p. 143. 9 Sh. Tanaka. Figures and Descriptions of the Fishes of Japan. Fasc. XLII, p. 813, fig. 477. 10 Tchang. Bull. Fan. Mem. Institute of Biology, III, No 9, 1932, p. 122, fig. 2. 11 Rendahl. Arkiv för Zoologi, XXA, No 1, 1928, p. 113, 114. 12 Berg. Ichthyologia amurensis. p. 139. 13 Shaw. Bull. Fan. Mem. Institute of Biology, I, No 7, 1930, p. 116, fig. 5. 14 Ibidem. No 10, 1930, p. 181, fig. 15. 15 Ichthyologia amurensis. p. 143. 16 Chu. China Journal, XIV, No 2, 1931, p. 88, fig. 12.

ЗООЛОГИЯ

Б. К. ШТЕГМАН

К ФИЛОГЕНИИ КЕДРОВОК

(Представлено академиком С. А. Зерновым 14 IV 1934)

Североамериканские сойки (рр. *Cyanocitta* и *Aphelocoma*) отличаются от своих палеарктических родственников преобладанием голубых тонов, почему и носят название голубых соек. Кроме 4 или 5 видов этих соек, в горных областях западной части Северной Америки встречается еще одна небольшая вороновая птица, сплошь голубая и описанная под названием *Cyanocephalus cyanocephalus* (Neuwied). Вначале этот вид был поставлен рядом с голубыми сойками, но впоследствии обратили внимание на целый ряд своеобразных черт его морфологии и экологии, почему он и был оставлен в особом роде.

При сравнении *Cyanocephalus* с голубыми сойками обращают на себя внимание следующие признаки внешней морфологии. У голубых соек хвост длинный и сильно закругленный, у *Cyanocephalus* короткий и прямо срезанный. Крылья у голубых соек очень короткие и закругленные, у *Cyanocephalus* значительно длиннее и острее. Клюв у голубых соек довольно короткий, к концу сжатый с боков, самый конец загнут вниз в виде крючка. У *Cyanocephalus* клюв длинный, тонкий, в общем конический, между тем как конец сплюснут сверху и снизу, так что образует как бы горизонтально направленное долото. Такая необычная форма клюва в пределах группы вороновых встречается еще только у кедровых (*Nucifraga*). Поэтому мне кажется вполне естественным сравнить *Cyanocephalus* с кедровками.

Род *Nucifraga* содержит всего 2 вида, из которых один, *N. caryocatactes* (образующий ряд подвидов, частью резко характеризованных), населяет север Старого света, а также горные леса Центральной Азии, между тем как второй (*N. columbiana*) распространен по горным лесам Западной Америки от Аляски до Новой Мексики и таким образом в значительной степени перекрывает ареал *Cyanocephalus*. Хвост у кедровок короткий (приблизительно в $^3/_4$ длины крыла) и прямо срезанный, т. е. такой же, как у *Cyanocephalus*. При этом у тех и других рулевые сравнительно узкие, между тем как они у американских и палеарктических соек широкие и мягкие. Крылья у *Nucifraga* и *Cyanocephalus* относительно одинаковой длины, причем расстояние от конца первичных маховых до конца вторичных значительно больше $^1/_4$ длины крыла. Самые длинные маховые — третье и четвертое. У соек крыло значительно короче, так что расстояние от конца первичных маховых до конца вторичных много меньше $^1/_4$ длины крыла. Пятое и шестое маховые самые длинные.

Имея в виду такую разницу в строении крыльев и хвоста, можно предположить, что *Nucifraga* и *Cyanocephalus* лучше летают, чем сойки. И действительно, кедровка летает хорошо, имея в этом отношении более сходства с настоящими воронами, чем с сойками, что я сам неоднократно мог наблюдать; относительно же *Cyanocephalus* имеется ряд данных в литературе, где подчеркивается, что полет этой птицы быстрый и легкий.

Кроме того, следует отметить, что и в способе передвижения по земле между кедровками и сойками наблюдается коренная разница: кедровки ходят легко, шагами, как настоящие вороны, между тем как сойки передвигаются по земле с трудом и только прыжками. И в этом отношении *Cyanocephalus* вполне подходит к кедровкам, быстро и легко бегая по земле.

Форма клюва *Cyanocephalus* была уже описана. Здесь следует лишь добавить, что у этой птицы щетинки, покрывающие основание клюва, развиты весьма слабо, так что ноздри остаются совсем открытыми. Правда, „непокрытые ноздри" в группе вороновых встречаются весьма редко, но развитие носовых щетинок сильно колеблется. Так, например, у *N. caryocatactes* эти щетинки развиты лучше, чем у *N. columbiana*, которая в этом отношении представляет собой как бы переход к *Cyanocephalus*.

Своеобразная форма клюва у *Nucifraga* и *Cyanocephalus* указывает на одинаковую специализацию в смысле питания. И действительно, как кедровки (*N. caryocatactes* и *N. columbiana*), так и *Cyanocephalus*, питаются главным образом семенами различных хвойных, причем разбивают даже крепкие шишки кедровых сосен. Такая специализация в способе питания для вороновых птиц является совершенно исключительной.

Какова же внутренняя морфология клюва у этих птиц? У нашей кедровки роговая оболочка внутренней стороны подклювья несет продольно расположенное вздутие или шишку, приспособление для лучшего удерживания и щелканья орешков кедровых сосен. Можно было бы предположить, что у *Cyanocephalus* на подклювье имеется такое же приспособление. Однако, ничего подобного мы не находим: подклювье у *Cyanocephalus* изнутри совсем гладко. Такая разница в важном приспособительном признаке как будто говорит против близкой родственной связи между *Nucifraga* и *Cyanocephalus*, но дальнейшее изучение этого вопроса заставляет нас отказаться от такого предположения. Оказывается, что американская кедровка *N. columbiana*, по внешности и остеологическим признакам весьма близкая к палеарктической, но более примитивная, тоже не имеет шишки на подклювье. Кроме того, это приспособление вполне развито лишь у старых *N. caryocatactes*. У молодых птиц в гнездовом наряде (но уже вполне летных) нет и намека на шишку, и основание подклювья внутри совершенно ровное. Из этого следует, что данный признак у нашей кедровки является совсем недавним приспособительным приобретением, не имеющим большого значения для изучения филогенетических соотношений у этих птиц. На это же указывает и тот факт, что развитие роговой шишки на подклювье у разных подвидов различно. У сибирской формы *N. c. macrorhynchos*, экологически тесно связанной с кедровыми соснами, шишка развита в наибольшей степени, между тем как у менее узко специализованных форм *caryocatactes*, *rothschildi*, *multipunctata* и *hemispila* из Европы, Тянь-Шаня и Гималаев, она достигает значительно меньших размеров. Таким образом, мы видим, что отсутствие шишки на подклювье у *Cyanocephalus* не противоречит предположению о близкой родственной связи этой птицы с кедровками.

Обратимся теперь к скульптуре роговой оболочки нёба. Здесь мы не наблюдаем каких-нибудь резких приспособительных изменений и потому можем предполагать, что признаки рогового нёба являются достаточно древними. На нёбе *N. caryocatactes* имеются 3 узких продольных валика, расположенных параллельно друг другу, к которым у основания клюва прибавляются еще 2 коротких валика. Весьма характерно однако для кедровки, что нёбо почти во всю свою длину изборождено 3 валиками. Сходную скульптуру нёба мы находим у *N. columbiana*, но и на нёбе *Cyanocephalus* имеются 3 ясных продольных валика.

Совершенно другая скульптура рогового нёба у соек (*Garrubus*) и голубых соек (*Cyanocitta*, *Aphelocoma*). У этих птиц от конца клюва до основания тянется один единственный, широкий валик и только у самого основания клюва заметны слабые зачатки еще 2 валиков. Характерным

же для этих птиц является присутствие одного широкого валика, из чего видно, что сойки в строении рогового нёба существенным образом отличаются от *Nucifraga* и *Cyanocephalus*.

При дальнейшем изучении оказалось, что у азиатских родов *Cissa*, *Urocissa*, *Dendrocitta*, и *Cyanopica*, а также у американских тропических родов *Cyanocorax*, *Xanthura* и *Psilorhinus* строение нёба, совершенно такое же как у соек, что, повидимому, объединяет всех этих лесных сойкообразных птиц (*Garrulinae!*) с короткими крыльями и длинными хвостами. Настоящие же вороны (*Corvus*, *Pica*) имеют на роговом нёбе 5 продольных валиков, что указывает на близость к *Nucifraga* и *Cyanocephalus*. Правда, у последних родов хорошо развиты только 3 валика, но сокращение крайней пары очевидно связано с удлиннением и сужением клюва у этих птиц.

Итак, мы можем отметить, что *Cyanocephalus* связан с *Nucifraga* рядом морфологических, экологических и биологических признаков и очевидно является ближайшим родственником данного рода. Вся же группа кедровок должна быть противопоставлена настоящим сойкам („*Garrulinae*“) и, повидимому, приближается к настоящим воронам, что подтвержается тоже общностью целого ряда морфологических и биологических признаков (хороший полет, способность передвигаться по земле шагом, а не только прыжками).

Установление факта близкого генетического родства рода *Cyanocephalus* с кедровками дает возможность сделать некоторые выводы о происхождении и истории расселения данной группы. Своеобразная специализация кедровок указывает на длительное их приспособление к хвойным лесам. В данное же время наибольшее развитие хвойных пород мы находим с одной стороны на севере Старого и Нового света, с другой стороны в горах Центральной Азии. А. М. Судиловская в своей работе „О соотношении морфологических признаков *Corvidae* с их географическим распространением“ (Академия Наук, 1933) считала, что тип кедровок возник в Центральной Азии. Но она предполагала, что в Америке имеется лишь один вид кедровки (*N. columbiana*), который выводила из палеарктического вида. С этим трудно согласиться. *N. caryocatactes* по своей внешности довольно резко отличается от *N. columbiana* темной и крупнопятнистой окраской оперения. Первый же наряд у этой птицы значительно светлее и с мало развитыми пятнами, чем в высокой степени приближается к совсем одноцветной окраске *N. columbiana*. Таким образом, *N. columbiana* несомненно стоит ближе к предкам кедровок, чем *N. caryocatactes*, на что указывает также отсутствие у нее шишки на подклювье. Присутствие же в Северной Америке наряду с этой примитивной формой еще второго вида, и при том столь сильно измененного, как голубой *Cyanocephalus*, указывает на длительную историю развития кедровок в этой местности. Если еще принять во внимание, что в Палеарктике имеется всего 1 вид, притом сильно специализованный, то невольно является мысль о сравнительно недавнем заселении Старого света кедровками. Таким образом, для первоначальной эволюции кедровок нужно искать область с преобладанием хвойных лесов (и, очевидно, умеренным климатом), территориально связанную при этом как с Евразией, так и с Северной Америкой. Такой областью является древняя Берингова суша, предположительная родина наиболее характерных элементов фауны современной тайги.

Зоологический институт
Академии Наук. Ленинград.

Получено
14 IV 1934.

ZUR PHYLOGENESE DER TANNENHÄHER

Von B. STEGMANN

(*Vorgelegt vor S. Zernov, Mitglied der Akademie, d. 14. IV. 1934*)

Die Nordamerikanischen Häher (*Cyanocitta*, *Aphelopoma*), unterscheiden sich von ihren paläarktischen Verwandten durch vorherrschend blaue Färbung, weshalb sie ja auch altenthalben unter dem Namen Blauhäher bekannt sind. Ausser den 4 oder 5 Arten dieser Blauhäher kommt aber in den Gebirgswäldern der westlichen Staaten noch ein kleiner, ganz hellblau gefärbter Rabenvogel vor, der unter dem Namen *Cyanocephalus cyanocephalus* (Neuwied) beschrieben war. Diese eigentümliche Art wurde zuerst als nächster Verwandte der Blauhäher angesehen, doch fand man bald, dass sie sich von diesen sowohl morphologisch, als ökologisch stark unterscheidet, weshalb sie auch in einer eigenen Gattung verblieb.

Beim Vergleich von *Cyanocephalus* mit den Blauhähern lassen sich folgende Unterschiede in der äussern Morphologie erkennen. Bei den Blauhähern ist der Schwanz lang und stark gerundet, bei *Cyanocephalus* kurz und gerade abgeschnitten. Die Flügel sind bei den Blauhähern sehr kurz und stark gerundet, bei *Cyanocephalus* bedeutend länger und spitzer. Der Schnabel ist bei den Blauhähern ziemlich kurz, zur Spitze hin seitlich zusammengedrückt, die Spitze hakig herabgebogen, während er bei *Cyanocephalus* merklich länger, dünn und gerade ist und im ganzen eine konische Form besitzt, ausser an der Spitze, wo er von oben und unten abgeplattet ist und eine wagerecht gestellten Meissel bildet. Eine solche Schnabelform ist für Rabenvögel ganz ungewöhnlich und kommt nur noch bei den Tannenhähern (*Nucifraga*) vor, weshalb ein Vergleich von *Cyanocephalus* mit *Nucifraga* vollständig gerechtfertigt erscheint.

Es ist zunächst erwähnt, dass *Nucifraga* in einer Art (welche in mehrere, zum Teil scharf unterschiedene Unterarten geteilt ist) den Norden der Alten Welt, sowie die Gebirge Zentralasiens bewohnt, während die zweite über die Gebirgsländer Westamerikas, von Alaska nach Süden verbreitet ist, und also teilweise zusammen mit *Cyanocephalus* vorkommt. Der Schwanz ist bei den Tannenhähern kurz (etwa $^3/_4$ so lang der Flügel) und gerade abgeschnitten, d. h. wie bei *Cyanocephalus*. Dabei sind die Steuerfedern bei beiden vorhältnismässig schmal und hart, während sie bei den amerikanischen und paläarktischen Hähern breit und weich sind. Die Flügel sind bei *Nucifraga* und *Cyanocephalus* relativ gleich lang, so dass die Flügelspitze merklich mehr als $^1/_4$ der Flügellänge beträgt. Die Flügelspitze wird durch die dritte und vierte Handschwinge gebildet. Bei den Hähern beträgt die Flügelspitze viel weniger als $^1/_4$ der Flügellänge und die längsten Handschwingen sind die fünfte und sechste.

Auf den Unterschied im Bau von Flügel und Schwanz hin kann man annehmen, dass *Nucifraga* und *Cyanocephalus* bessere Flieger sind, als die Häher und das trifft auch zu. Ich konnte selbst wiederholt beobachten, dass die Tannenhäher gut fliegen und in dieser Hinsicht mehr den Feldraben ähneln, als den Hähern, und von *Cyanocephalus* wird berichtet, dass er schnell und ausdauernd fliege. Ausserdem muss noch hingefügt werden, dass *Nucifraga* und *Cyanocephalus* auf dem Boden sich schrittweise, rabenartig fortbewegen, während die Häher nur unbeholfen hüpfen.

Die Schnabelform von *Cyanocephalus* wurde schon oben gekennzeichnet. Es muss hier nur hinzugefügt werden, dass bei diesem Vogel die Borsten am Grunde des Schnabels sehr schwach entwickelt sind, so dass die Nasenlöcher von ihnen nicht bedeckt werden. Die Entwicklung dieser Schnabelborsten schwankt aber bei verschiedenen Arten überhaupt stark. So ist sie z. B. beim amerikanischen Tannenhäher (*Nucifraga columbiana*) geringer, als beim altweltlichen (*N. caryocatactes*), was man als Übergang zu den ganz unbedeckten Nasenlöchern von *Cyanocephalus* ansehen könnte.

In Anbetracht des ähnlichen und dabei höchst eigenartigen Schnabelbaues von *Nucifraga* und *Cyanocephalus* müsste man meinen, dass auch die Ernährungsweise bei diesen Vögeln ähnlich sei. Bekanntlich nährt sich der Tannenhäher grösstenteils von Koniferensamen, insbesondere von denjenigen der Zirbelkiefer (*Pinus cembra*) und auch die amerikanische Art frisst hauptsächtlich Samen der dortigen Nadelbäume. Aber auch *Cyanocephalus* nährt sich vornehmlich von Koniferensamen (am liebsten von den Nüsschen der „cedar pine", aber auch von Samen der *Picea*, *Pseudotzuga* etc.)

Es wäre nun interessant zu untersuchen, ob auch im inneren Bau des Schnabels eine Analogie zwischen *Nucifraga* und *Cyanocephalus* vorhanden ist. Bei unserem Tannenhäher befindet sich am Grunde des Unterschnabels in der Mundhöhle ein auffallender, längsgerichteter Höcker, der durch eine Verdickung der Hornbekleidung gebildet wird und zum besseren Festhalten und Knacken der Nüsschen von *Pinus cembra* dient. Man könnte meinen, dass auch *Cyanocephalus* am Unterschnabel einen gleichen Höcker besitzen müsste, aber das trifft nicht zu. Das Innere des Unterschnabels ist bei dieser Art ganz glatt. Sollte das gegen die Verwandschaft von *Nucifraga* und *Cyanocephalus* sprechen? Weitere Untersuchungen ergaben ein unerwartetes, aber höchst interessantes Resultat. Der amerikanische Tannenhäher (*N. columbiana*), welche in seinem Äusseren, sowie nach osteologischen Untersuchungen als nächster Verwandter unseres Tannenhähers angesprochen werden muss, besitzt ebenfalls keinen Höcker am Unterschnabel. Aber auch bei jungen, eben flügge gewordenen *N. caryocatactes* ist noch keine Spur eines Höckers vorhanden. Es ist also klar, dass der Höcker am Unterschnabel eine Neuerwerbung unseres Tannenhähers ist und phylogenetisch nur geringe Bedeutung besitzt. Darauf deutet auch der Umstand hin, dass dieses Merkmal bei den Unterarten von *N. caryocatactes* verschieden stark entwickelt ist. Bei der sibirischen Form, *N. c. Macrorhynchos*, welche ökologisch eng an die Zirbelkiefer gebunden ist, erreicht der Höcker die stärkste Entwicklung, während er bei den weniger spezialisierten Formen *caryocatactes*, *rothschildi*, *multipunctata* und *hemispila* viel kleiner ist. Auf diese Weise sehen wir, dass das Fehlen eines Höckers am Unterschnabel von *Cyanocephalus* durchaus nicht gegen die nahe Verwandtschaft dieses Vogels mit *Nucifraga* sprechen kann.

Untersuchen wir nun die Skulptur der Hornbekleidung des Oberschnabels, d. h. des Gaumens. Bei *Nucifraga caryocatactes* sehen wir am Gaumen 3 schmale, parallel gerichtete Längsleisten, zu denen sich am Schnabelgrunde noch 2 gesellen, so dass hier im ganzen 6 Leisten vorhanden sind. Bezeichnend aber ist, dass der Gaumen in seinem grössten Teile von 3 Leisten durchfurcht wird. Eine gleiche Skulptur finden wir bei *N. columbiana* und auch *Cyanocephalus* weist am Gaumen 3 deutliche Längsleisten auf.

Eine ganz andere Skulptur des Horngaumens haben die Häher (*Garrulus*) und die Blauhäher (*Cyanocitta*, *Aphelocoma*). Bei ihnen zieht sich von der Schnabelspitze bis zum Grunde ein einziger dicker Längsleisten

hin und nur dort, wo die hornige Bekleidung des Gaumens in die weiche Haut des Rachens übergeht, finden sich die schwachen Ansätze zu 2 weiteren Leisten. In die Augen fällt aber nur 1 breiter Längsleisten. Man kann also sagen, dass die Häher sich in der Skulptur des Horngaumens prinzipiell von *Nucifraga* und *Cyanocephalus* unterscheiden.

Bei weiterer Untersuchung erwies es sich nun, dass sowohl bei den asiatischen Gattungen *Cissa*, *Urocissa*, *Dendrocitta*, *Cyanopica* als auch bei den tropisch amerikanischen *Cyanocorax*, *Xanthura* und *Psilorhinus* der Horngaumen ganz wie bei den Hähern gebaut ist, was auf eine nähere Verwandtschaft zwischen allen diesen langschwänzigen und kurzflügeligen „Waldraben" (*Garrulinae!*) schliessen lässt. Die Feldraben aber (*Corvus*, *Pica*) weisen am Horngaumen 5 Längsleisten auf, was an *Nucifraga* und *Cyanocorax* erinnert, denn die Rückbildung der beiden äusseren Leisten im Verhältnis zur Länge der übrigen lässt sich durch relative Länge und Schmalheit des Schnabels bei diesen Vögeln erklären.

Wir sehen also, dass *Cyanocorax* durch eine Reihe von morphologischen, ökologischen und biologischen Merkmalen mit *Nucifraga* verbunden ist und wohl in die nächste Verwandtschaft dieser Gattung gehört. Die Gruppe der Tannenhäher muss aber den eigentlichen Hähern („*Garrulinae*") scharf gegenübergestellt werden und steht den Feldraben fraglos näher, was ebenfalls sowohl durch morphologische, als auch durch biologische Merkmale (Flugfähigkeit, schrittweiser Gang) nachgewiesen wird.

Die Feststellung, dass *Cyanocorax* zu den Tannenhähern gehört, berechtigt uns auch zu einigen Schlüssen über Herkunft und Geschichte der Verbreitung dieser Vögel. In einer Arbeit von A. Sudilovskaja (Über die Beziehungen zwischen den morphologischen Merkmalen und der geographischen Verbreitung der Corviden, Akad. Wiss. USSR, 1933) wird die Meinung ausgesprochen, dass die Tannenhäher aus den zentralasiatischen Gebirgen stammen und sich erst später nach der nördlichen Paläarktis und Amerika verbreitet haben. Sie nahm aber an, dass in Amerika nur eine Art, *N. columbiana*, vorkomme, welche, wie sie sich vorstellte, von dem paläarktischen Tannenhäher abstammt und die helle Färbung des Kleingefieders durch Verblassen erhalten hat. Dagegen muss ich aber sagen, dass bei *N. caryocatactes* das Jugendkleid sehr viel heller ist, als das ausgefärbte, und ganz verschwommene helle Flecken besitzt, was in jeder Hinsicht an das helle und ganz ungefleckte Gefieder von *N. columbiana* erinnert. Es scheint also, als sei *N. columbiana* die primitivere Form, während *N. caryocatactes* mehr spezialisiert und stärker verändert ist. Das Vorkommen aber in N. Amerika einer so stark veränderten Form, wie der ganz blaue *Cyanocephalus*, und dabei noch zusammen mit der vorerwähnten primitiven Art, lässt uns vermuten, dass die Tannenhäher dort schon einen langen Entwicklungsgang durchgemacht haben. Demgegenüber besitzt die Paläarktis nur eine hochspezialisierte Art. Es scheint also, dass die Gruppe der Tannenhäher sich ursprünglich in einem Gebiete etnwickelte, welches sowohl die Besiedelung Nordamerikas, als auch der Paläarktis zuliess and vorherrschend mit Koniferenwäldern bedeckt war.

Dieses Gebiet wird wohl das tertiäre Beringsland gewesen sein, die Urheimat vieler Bewohner, der heutigen borealen Nadelholzzone Eurasiens und Amerikas.

Zoologisches Institut
der Akademie der Wissenschaften.
Leningrad.

Eingegangen
d. 14. IV. 1934.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В „Докладах" помещаются предварительные сообщения или статьи-конспекты научных работников СССР, содержащие в краткой форме наиболее существенные результаты их работы в области математики, естествознания и теоретической техники.

2. Объем статьи не должен превышать 10 000 печ. знаков.

3. Статьи направляются в редакцию „Докладов" непосредственно или через действительных членов Академии Наук.

4. Статьи принимаются к напечатанию Редакционной коллегией с отзывом действительных членов Академии Наук по специальности. Статьи членов-корреспондентов Академии Наук, наравне со статьями действительных членов Академии Наук, принимаются Редакционной коллегией без отзыва.

5. Каждая статья печатается на русском и на одном из иностранных языков, французском, английском или немецком. Автор должен представить вместе с русским текстом статьи ее перевод или резюме на одном из указанных иностранных языков.

6. Объем перевода не должен превышать 10 000 печ. знаков, резюме — не более 3 000 печ. знаков.

7. Цитируемая литература должна быть автором указываема не в подстрочных примечаниях, а в конце статьи общим списком с обозначением в тексте статьи порядковой цифрой ссылки на цитируемую работу.

8. В конце статьи автором должны быть обозначены на русском и иностранном языках название и местонахождение научного учреждения, в котором произведена работа.

9. Иллюстрации в „Докладах" помещаются лишь в исключительных случаях.

10. Статьи должны быть доставляемы в совершенно готовом к печати виде (переписанными на машинке на одной стороне листа, через два переката).

11. В виду срочности издания корректуры статей авторам не посылаются.

12. Автор получает бесплатно 50 отдельных оттисков своей статьи.

Редакционная Коллегия просит действительных членов Академии Наук при направлении статей в „Доклады" для напечатания указывать на статьях дату их получения от авторов.

Напечатано по распоряжению Академии Наук СССР

1 мая 1934 г.

Непременный секретарь академик *В. Волтра*

Редакционная коллегия: академик А. А. Борисяк
академик С. И. Вавилов
академик А. А. Рихтер

Ответственный редактор академик-секретарь ОМЕН А. А. Борисяк

Редактор издания И. М. Эйзен. — Технический редактор М. И. Стеблин-Каменский

Сдано в набор 19 апреля 1934 г. — Подписано к печати 29 апреля 1934 г.

64 стр. (209—272)

Формат бум. 72 × 110 см. — 4 печ. л. — 51 840 печ. зн. в л. Тираж 3000 + 175

Ленгорлит № 11934. — АНИ № 289. — Заказ № 8000

Типография Академии Наук СССР. В. О., 9 линия, 12

Цена 2 руб.

ПРИНИМАЕТСЯ ПОДПИСКА

НА

„ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК СССР“

(НОВАЯ СЕРИЯ)

с 1 января 1934 г. по 1 января 1935 г.

на год (36 выпусков) цена ..... 54 руб.

на полгода (18 выпусков) цена .. 27 руб.

«ДОКЛАДЫ» выходят ежедекадно (1, 11 и 21 каждого мес.)

Подписку и деньги направлять Сектору распространения Издательства Академии Наук Ленинград 53, В. О., Тучкова наб., 2, или сдавать доверенным, снабженным специальными удостоверениями

КОМПЛЕКТЫ

ИЗДАНИЯ

„ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК СССР“

(НОВАЯ СЕРИЯ)

за 1933 год

Шесть выпусков — 20 печ. листов

Цена 9 руб.